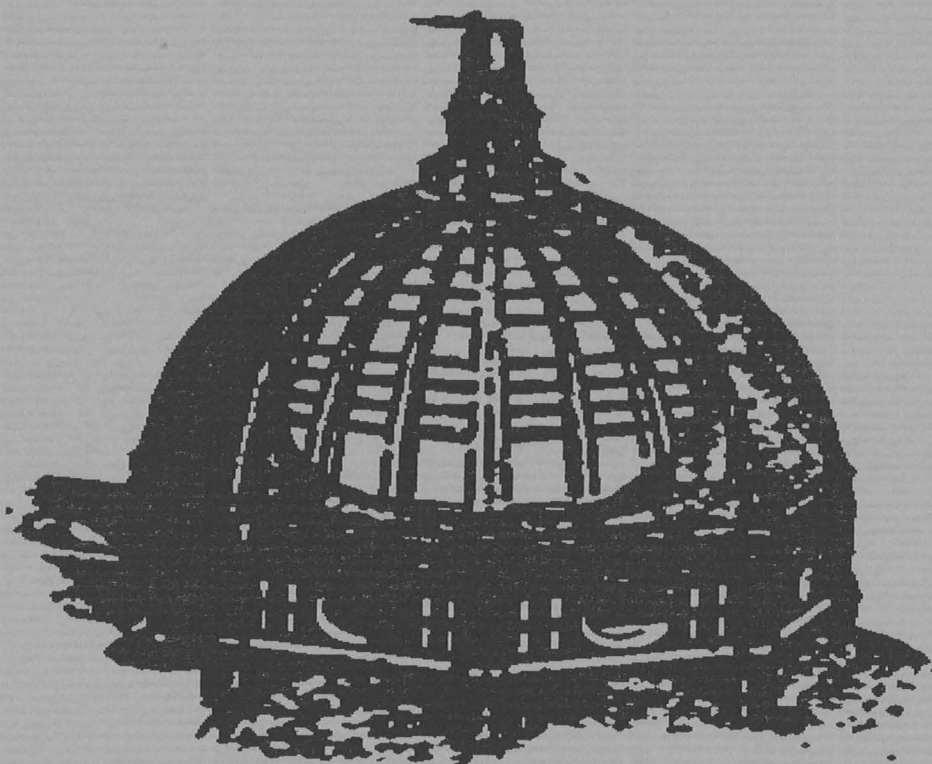


BEDEUTENDE BAUWERKE
UND IHRE MEISTER
*CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS
Y SUS AUTORES*

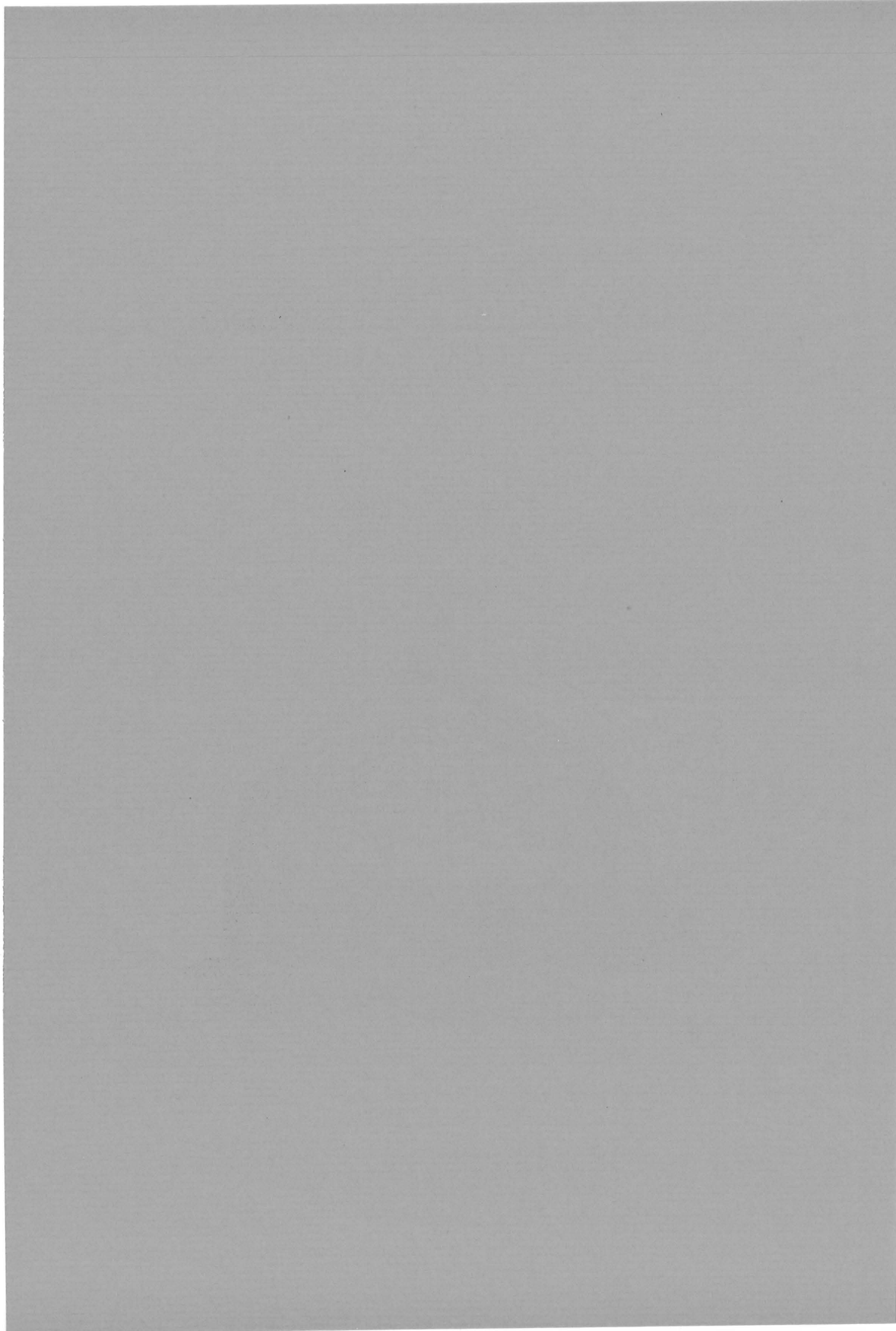
KUPPELN
IN VERSCHIEDENEN EPOCHEN
*CÚPULAS
EN DIFERENTES ÉPOCAS*
(III)

Koordination
EVE BAUDER



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

4-56-10



BEDEUTENDE BAUWERKE
UND IHRE MEISTER
*CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS
Y SUS AUTORES*

KUPPELN
IN VERSCHIEDENEN EPOCHEN
*CÚPULAS
EN DIFERENTES ÉPOCAS*
(III)

Koordination
EVE BAUDER

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

4-56-10

**CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA**

NUMERACIÓN

- 4 Área
- 56 Autor
- 10 Ordinal de cuaderno (del autor)

ÁREAS

- 0 VARIOS
- 1 ESTRUCTURAS
- 2 CONSTRUCCIÓN
- 3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
- 4 TEORÍA
- 5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
- 6 PROYECTOS
- 7 URBANISMO
- 8 RESTAURACIÓN

KUPPELN IN VERSCHIEDENEN EPOCHEN (III)

© 2008 Eve Bauder

Instituto Juan de Herrera.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Gestión y portada: Lucía Alba Fernández

CUADERNO 266.01 / 4-56-10

ISBN 13: 978-84-9728-281-9

Depósito Legal: M-52918-2008

Vorwort der Koordinatorin

Der Wunsch einer Gruppe von Architekturstudenten, die 2001 den höchsten aller an der Universität für Architektur angebotenen Deutschkurse mit Erfolg absolviert hatten und die ihre allgemeinen und fachspezifischen Deutschkenntnisse weiter vertiefen und ausbauen wollten, führte zur Entstehung der Reihe "Bedeutende Bauwerke und ihre Meister".

Die diesjährige – fünfte – Gruppe von Studenten hat sich mit dem Thema "Kuppeln in verschiedenen Epochen" (*Cúpulas en diferentes épocas*) auseinandergesetzt: Jeder Einzelne beschäftigte sich intensiv mit einer oder mehrerer Epochen des Kuppelbaus in Spanien, von dessen Erstehung bis zur heutigen Zeit, unter Berücksichtigung der verschiedenen länder- und kulturenspezifischen Einflüsse auf Typologie und Materialien, wie auch, soweit ermittelbar, ihrer Erbauer.

Das Ziel dieser ausführlichen Forschungsarbeit, die die Lektüre und das konzentrierte Studium vieler deutscher Bücher, Fachzeitschriften, Artikel und Referate – aus den Schätzen der Universitätsbibliothek, dem Internet und anderen Quellen stammend – voraussetzte, war die Erarbeitung einer Abhandlung auf Deutsch, die sowohl eine detaillierte Beschreibung der formellen Aspekte der gewählten Kuppeln und ihrer historischen Bedeutung widerspiegeln, als auch eine inhaltsbezogene Liste des relevanten allgemeinsprachlichen und technischen Vokabulars in zweisprachiger Ausführung (deutsch und spanisch) enthalten sollte.

Das Ergebnis der unzähligen Stunden unermüdlichen Fleißes und außergewöhnlicher Schaffenskraft dieser Gruppe liegt nun hier in Form von vier neuen Heften aus dieser Reihe vor, deren Veröffentlichung uns Mitwirkende nicht nur mit Stolz und Freude erfüllt, sondern besonders das Bedürfnis und die Notwendigkeit zum Ausdruck bringen soll, Sprache und Technik zu „überkuppeln“, d.h., die Wissensgebiete der einen mit denen der anderen zu verbinden, deren Austausch anzuregen und so die „Wölbung über einen gemeinsamen Raum“ für grenzüberschreitendes, multidisziplinäres Schaffen zu symbolisieren.

Mögen diese vier Hefte dem Humanisten wie dem Techniker als praktisches Werkzeug dienen!

Dra. Eve Bauder

*Profesora de Alemán para Arquitectos
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*

BEDEUTENDE BAUWERKE UND IHRE MEISTER **CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS Y SUS AUTORES**

INHALTSVERZEICHNIS

ÍNDICE

Kuppeln in verschiedenen Epochen (I)

Cúpulas en diferentes épocas (I)

Die Kuppeln: Einführung

Was ist eine Kuppel?

Bauformen und Bauteile der Kuppel

Hängekuppel

Pendentifkuppel

Kalottenkuppel (Flachkuppel)

Wann werden Kuppeln als Bauform benutzt?

Die Bewegung der Kuppel (Historischer Ablauf und Beispiele)

Frühe Überdachungen

Unechte Kuppeln

Römische Kuppeln

Byzantinische Kuppeln

Byzantinisch-russische Kuppeln

Islamische Kuppeln

Kuppeln in Asien

Kuppeln im abendländischen Mittelalter

Santa Maria del Fiore in Florenz (Brunelleschi)

Kuppeln in der Renaissance

Kuppeln des Barock

Kuppeln des Klassizismus

Kuppeln des 20. Jahrhunderts

Stabwerkskuppeln aus Stahl

Rahmenkuppel

Rippenkuppel

Schwedlerkuppel

Kievitt-Kuppel

Dreiläufige Rostschale

Geodätische Kuppel

Gitterschale

Netzwerkschale

Stahlbetonkuppeln

Kunststoffkuppeln

Bibliographie

Octavio Fernández Martín, Eve Bauder

Kuppeln, Gewölbe und Bögen der arabischen Kunst in Spanien

Die islamische Architektur

Die Moschee

Die Madrasa

Von der Arabeske bis zur Geometrie

Die große Moschee von Córdoba

Ursprung der Rippenkuppel

Die Moschee des Christus des Lichtes von Toledo

Die Alhambra von Granada

Die Bäder oder Hammam

Ihre Gewölbe

Bibliographie

José Luis Jiménez Martín, Eve Bauder

Kuppeln in verschiedenen Epochen (II)

Cúpulas en diferentes épocas (II)

Von der Romanik bis zur Renaissance

1. Einführung in die Romanik Spaniens.

Historischer Kontext.

Jakobsweg.

Romanische Kirchen

Die Kathedrale Jacas (1076-1130)

Die San Martín de Fromista Kirche(1063)

2. Zimborien aus León im 12. Jahrhundert.

Definition von "Cimborrio"(Zimborium).

Zimborien-Gruppe aus León.

Die Kathedrale Zamoras (1140)

Die alte Kathedrale Salamancas (1150): Torre del gallo Zimborium

Santa María la Mayor. Die Stiftskirche Toros (1170)

Der Kapitelsaal von Plasencia (1250)

3. Der Übergang von der Romanik zur Gotik

Fließende Grenzen des Übergangs.

Renovierung der alten romanischen Kirchen.

Spätromanik. Definition von Gotik.

Die Kathedrale von Lerida. Santa María o seu Vella (1278)

Die Kathedrale von Burgos. Kapelle des Condestable (1485)

Die Kathedrale von Burgos. Zimborium des Querschiffs

4. In Richtung Renaissance

Geringe Entwicklung der Renaissance in Spanien.

Neue Denkweise.

Grabkapelle.

Die sakrale Kapelle des Salvador (1530/1540)

Bibliographie

Carlota Estaún Martínez, Eve Bauder

Manierismos und Barock in Spanien

1. Der Manierismus in Spanien

Schloss-und Klosteranlage von "El Escorial"

Andere kleine Bauwerke

Die Angustias Kirche

Die Kirche des Heiligen Domingo der Ältere

Der Tabernakel des Doms von Toledo

Die Bernardas Kirche

2. Das Barock in Spanien

2.1. Die Einführung des Barocks

Das "strenge" Barock der Spanischen Habsburger

Das *collegium regium* von Salamanca

Die Kapelle des Christus der Schmerzensreiche
Die Kirche des Heiligen Isidro
Die ersten Anzeichen des Barocks in Andalusien, Levante
und Aragon
Der Tabernakel des Doms von Sevilla
Die Kirche des Heiligen Justo und des Heiligen Pastor
Die Kirche der Jungfrau *de los desamparados* (der Hilflosen)
Typische Eigenschaften des Barocks in Aragon

2.2. Die Hoch-Zeit des Barocks

Alonso Cano
Der Einfluss Alonso Canos auf andere Bauwerke
Die Kapelle des Heiligen Isidro
Die Passionskirche
Die Churriguera Familie
Die Kirche des Heiligen Cayetano
Die Kirche des Heiligen Sebastian
Andere wichtige Bauwerke
Das Heiligtum von Loyola
Die *El Pilar* Basilika

2.3. Das Barock im 18. Jahrhundert

Pedro de Ribera
Die Einsiedelei der Jungfrau *del Puerto*
Der Einfluss auf andere Bauwerke
Die Kirche des Heiligen Josef
Leonardo Figueroa
Die Kirche des Heiligen Ludwig der Franzosen
Die Kirche der Heiligen Katalina
Einige Besonderheiten
Der Dom von Cádiz

2.4. Das Barock der Akademie

Ventura Rodriguez
Die Kirche des Heiligen Markus
Der Baldachin der *El Pilar* Basilika

Bibliographie

Marta Sebastián López, Eve Bauder

Kuppeln in verschiedenen Epochen (III)

Cúpulas en diferentes épocas (III)

Kuppeln, Materialien und ihre Baumeister

1. Stahlkuppeln und Stahlbaumeister

- 1.1 Stabschalen
- 1.2 Geodätische Kuppeln: Buckminster Fuller
- 1.3 Gitterschalen: Johann Wilhelm Schwedler

2. Betonkuppeln und ihre Baumeister

- 2.1 Pier Luigi Nervi: Palazetto dello Sport in Rom
- 2.2 Heinz Isler
 - 2.2.1 Buckelschalen
 - 2.2.2 Überdachung eines Naturtheaters
 - 2.2.3 Tenniszentrum Marin-La Thene

3. Textilmembranen

- 3.1 Pneumatisch gestützte Membrankonstruktionen
- 3.2 Luftgetragene Konstruktionen: Das Mediadrom
- 3.3 Kissenkonstruktionen: Stierkampfarena- Dach in Vista Alegre. (Madrid)

4. Bibliographie

Javier Torner Ruiz de Temiño, Eve Bauder

1. Der Modernismus: Die Bedeutung der Form von Kuppeln

- 1.1 Aspekte der Charakteristiken des Modernismus

1.2 Beispiele

- 1.2.1 Der Hauptmarkt Valencias
- 1.2.2 Der Markt von Colón
- 1.2.3 Der Galvany Markt in Barcelona
- 1.2.4 Das Sant Pau Krankenhaus in Barcelona
- 1.2.5 Der Palau Güell
- 1.2.6 Der Palau de la Música (Musikpalast)
- 1.2.7 Der Torre de la Creu (Kreuzturm)

2. Forschung und Entwicklung

- 2.1 Aspekte von der neuen Bautechniken

2.2 Beispiele

- 2.2.1 Eduardo Torroja Miret
- 2.2.2 Emilio Pérez Piñero
- 2.2.3 Der Viehmarkt in Vitoria

3. Ausstellungshalle

- 3.1 Beispiel

- 3.1.1 Der Descubrimientos Pavillon der Expo 92 in Sevilla

4. Sportzentrum

- 4.1 Beispiele

- 4.1.1 Die Palau Sant Jordi Sporthalle
- 4.1.2 Die Mehrzwecksporthalle der Gemeinde Palafolls
- 4.1.3 Der Sportpalast von Santander

5. Kulturzentrum

- 5.1 Beispiel

- 5.1.1 Die Puerta de Toledo Bibliothek in Madrid

6. Bibliographie

Irene Garrido Villalobos, Eve Bauder

Kuppeln in verschiedenen Epochen (IV)

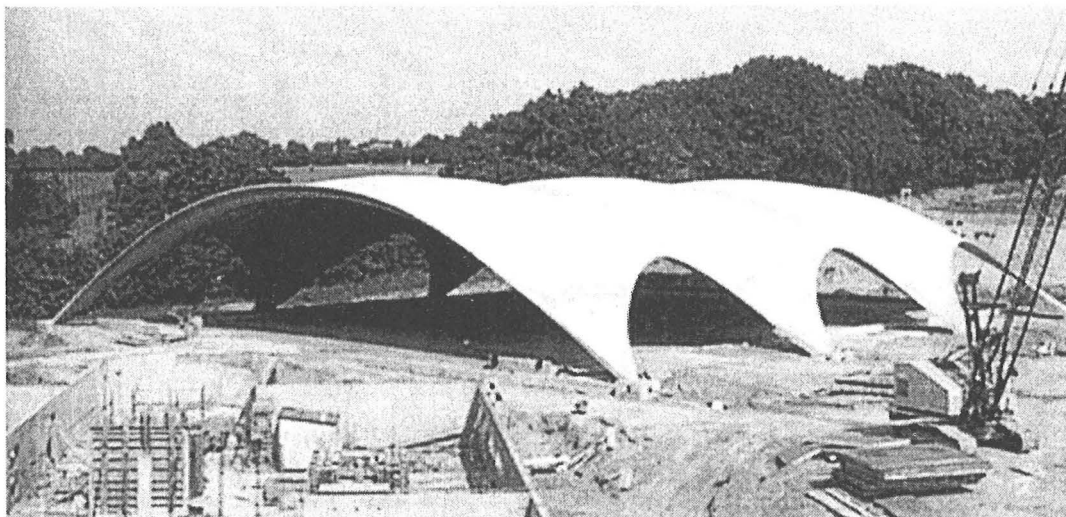
Cúpulas en diferentes épocas (IV)

Allgemeinsprachliches Vokabular/ Vocabulario general

Deutsch-Spanisch/ Alemán-Español
Spanisch-Deutsch/ Español-Alemán

Technisches Vokabular/ Vocabulario técnico

Deutsch-Spanisch/ Alemán-Español
Spanisch-Deutsch/ Español-Alemán



Kuppeln, Materialien und ihre Baumeister

1. Stahlkuppeln und Stahlbaumeister

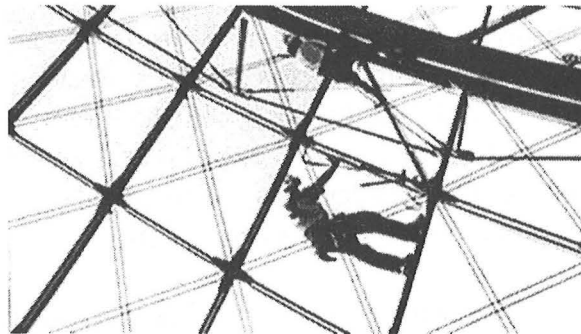
Dieser Teil der Arbeit beschäftigt sich mit Stahlkuppeln, und versucht, eine geometrische und konstruktive Klassifizierung zu entwickeln.

Kugelförmige Flächentragwerke:

1.1 Stabschalen:

Sie bestehen aus zwei Hauptkonstruktionsteilen: Stab und Knotenpunkte. Da alle diese Verbindungen Gelenke haben, wird die Abtragung der Nutzlasten in der Ebene ohne Biegebelastung übertragen.

Einfache Rotationsgewölbe, die aus radialen Rahmen und Ringgurten gebildet werden, haben vielfältige Lösungsmöglichkeiten. Am Anfang wurden Konstruktionen dieser Art nicht auf Grund von statischen Berechnungen gebaut, sondern resultierten aus baulichen Experimenten handwerklicher Tradition. Als sich in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts diese rechnerischen Methoden entwickelten, konnten die Kuppelformen filigraner und freier gebaut werden.



1.2 Geodätische Kuppeln:

Buckminster Fuller (1895–1983) war zwar als erstes Architekt, aber auch ein Universalist mit vielen anderen Berufen: Ingenieur, Maschinenbauer, Forscher, Künstler, Designer, Mathematiker, Geograph und Erfinder.

Nach verschiedenen Tätigkeiten in der Industriewelt, entwickelte er als Architekt neue Baukonzepte, zusammengefasst im sogenannten Dymaxion.

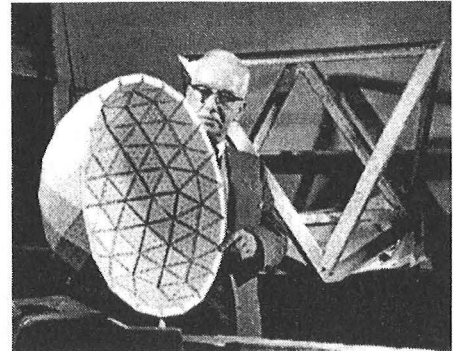
Energie und materialeffizienter Bau waren auch seine Entwurfsthemen, aber am meistens wurde er bekannt durch seine geodätischen



Kuppeln. Sie bestehen aus einfachsten geometrischen Grund Körpern (Tetraeder, Oktaeder und Kugelpackungen). Eine geodätische Kuppel ist ein konvexer unregelmäßiger Polyeder der aus Eulerschen Polyedern besteht, und wofür die folgende Gleichung gilt:

$$\text{Zahl der Knoten} + \text{Zahl der Flächen} - \text{Zahl der Kanten} = 2$$

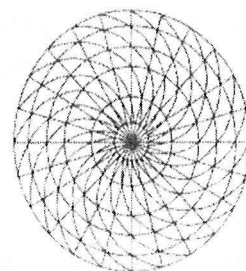
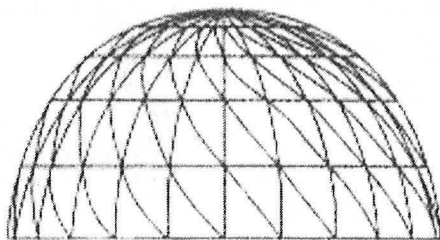
Diese Kuppelform gewährt Stabilität der modularen Bauteile (konstante Länge der Bauelemente). Als Lebensraum bieten sie Vorteile, die sich durch natürlichere Schallverteilung und Luftkreislauf auszeichnen. Die Kugelform ermöglicht außerdem eine konstante Sonnenbestrahlung während des ganzen Tages, sowie die Möglichkeit Fenster nach Belieben verteilt zu setzen.



1.3 Gitterschalen:

Johann Wilhelm Schwedler ist einer der bedeutendsten Bauingenieure aus der Mitte des 19. Jahrhunderts (1823–1894). Schwedlers Umgang mit statischen Problemen leitet eine neue Denkweise ein: nicht nur das Experiment, sondern auch die Berechnungen sind die Grundlage seiner neuen Erfindungen, konkret der Schwedler Kuppel und dem Schwedler Träger.

Als Folge Karl Culmanns Fachwerktheorie, entwickelt Schwedler Träger mit nach oben gekrümmtem Obergurt. Dabei sollten die Diagonalen nur auf Zug reagieren, weshalb Schwedler die Richtung der Diagonalen in der Mitte umkehrt.



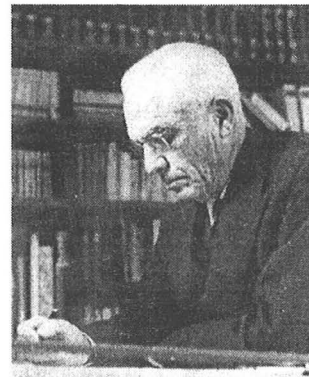
2. Betonkuppeln und ihre Baumeister

Kalkmörtel als Bindemittel wurde schon an 10.000 Jahre alten Bauwerksresten in der Türkei gefunden. Gebrannter Kalk wurde in Ägypten beim Bau der Pyramiden benutzt. Danach entwickelten die Römer das Opus Caementitium (Zuschlagstoff-Bruchstein Bauwerk), das aus gebranntem Kalk, Wasser und Sand bestand und zusammen mit Bruchsteinen eine hohe Druckfestigkeit erhielt.

Die Verwendung des Betons in der Neuzeit begann 1755 mit dem Engländer John Smeaton. Die Erfindung des Roman-zements 1796 von J. Parker und des Portland-zements von J. Aspdin im Jahre 1824 leitete den modernen Betonbau ein.

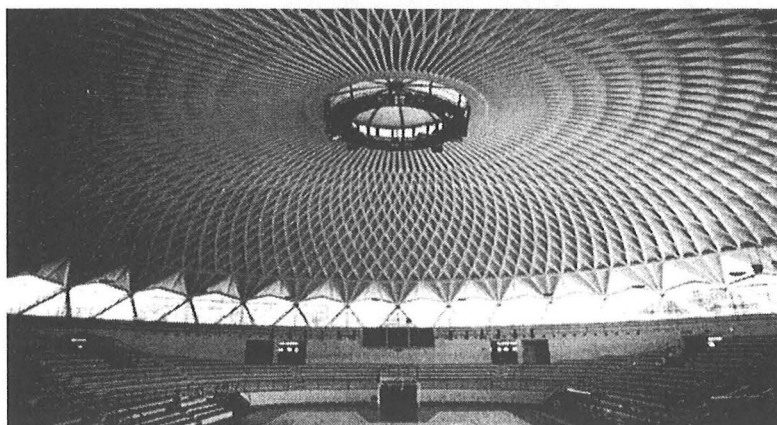
Trotzdem bedeutete die Erfindung des Stahlbetons durch Joseph Monier, 1867, von Beruf Gärtner, den größten Entwicklungsfortschritt des Betonbaus.

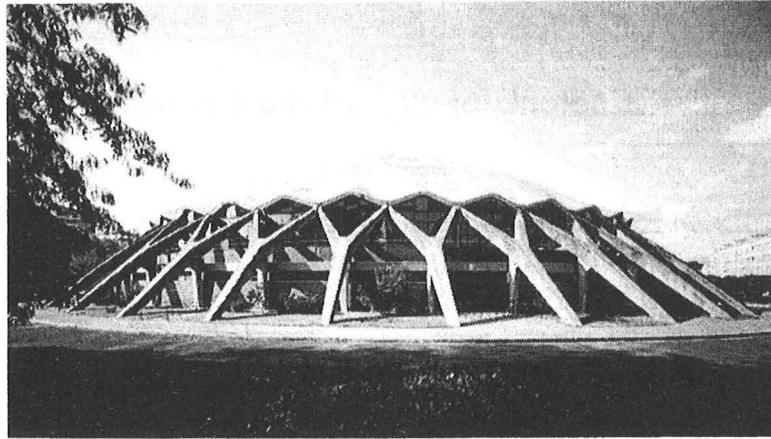
2.1 Pier Luigi Nervi: Italiens bekanntester Ingenieur entwickelte eine ausdrucksstarke und eigenständige Architektur, unter Benützung von Fertigteilen aus Gründen der Ökonomie und konstruktiver Effizienz. Trotzdem führte diese serielle Fertigung und wirtschaftliche Herstellung nicht zu einer monotonen räumlichen Wiederholung, sondern zu einer sensiblen, harmonischen, eleganten und lichtdurchfluteten Architektur.



Nervi setzt das Wissen von Auguste Perret, Robert Maillart und Eugène Freyssinet durch einen Kompromiss zwischen ästhetischer Aussagekraft, Form und Raum, zusammen mit technischer Korrektheit und statischen und wirtschaftlichen Gesetzen fort.

Nervis berühmtestes Bauwerk, der Palazetto dello Sport in Rom, wurde für die Olympischen Spiele 1960 gebaut. Mit einem kreisförmigen Grundriss und einer kugelförmigen Rippenschale, werden 1.600 Stahlbetonfertigteile zu einer blütenartigen Struktur angeordnet.



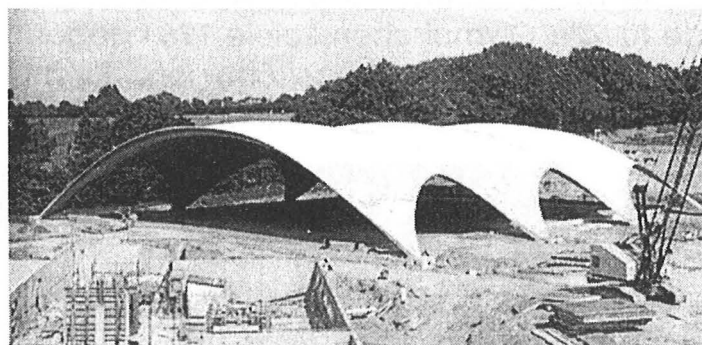


Die horizontalen Rippen, mit V- förmigem Schnitt, variieren diesen je nach Widerstandsfähigkeit: vom äußeren zum inneren Umkreis werden diese Rippen nach und nach abgeschwächt, bis sie den zentralen Teil der Schale erreichen, wo sie massiv werden, um den Gegensatz zur zentralen Licht Öffnung zu betonen.

Diese Rippen tragen die Nutzlasten auf die 48 geneigten Pfeiler ab, die ungefähr zwei Meter von den gläsernen Außenwänden zurückgesetzt stehen.

Die verschiedenen Stockwerke und Treppen, zusammen mit den Pfeilern, halten den Druck der Kuppel zurück. Dieser zentrale Raum, wo die Pfeiler stehen, ist ununterbrochen und verteilt den Personenfluss zu den drei Tribüne-Ebenen. Diese bilden konzentrische Kreise: die erste ist unterirdisch, die zweite befindet sich im Erdgeschoss und die dritte lehnt sich an den zentralen Raum an.

2.2 Heinz Isler wurde am 26 Juli 1926 in Zollikon bei Zürich geboren. Von frühester Jugend an wurde er von seinen Eltern sehr unterstützt und entwickelte ein starkes Interesse an Naturvorgängen. Diese Beobachtungen von physikalischen Prinzipien integrierte und entwickelte er in seine Entwürfe.

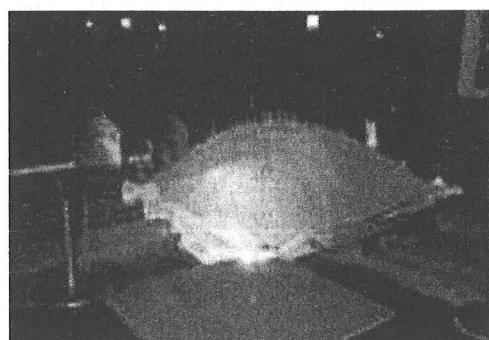
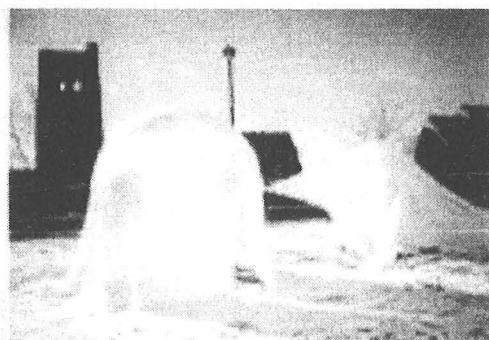
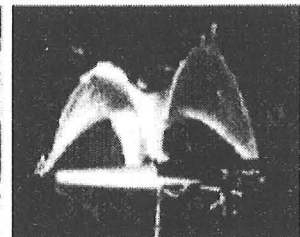
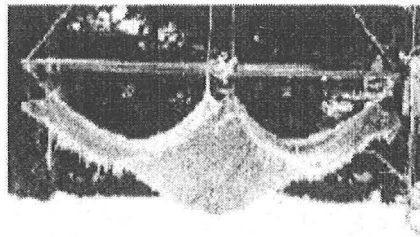
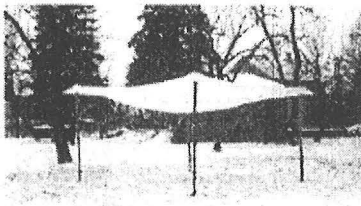


Als Heinz Isler den Beruf des Bauingenieurs wählt, tritt er 1945 in die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich ein. Während seiner Diplomarbeit über dünne Schalentragswerke und seiner drei-jährigen Assistentenzeit bei Professor Lardy am Lehrstuhl für Massivbau und Statik, lernt Isler den Wert der physikalischen Tragwerksmodelle, sowie die Wichtigkeit der Formästhetik, kennen.

Zwischen 1953 und 1959 erfindet Isler die folgenden drei wesentlichen Formfindungs – Methoden: die aufgeblasene Membran für die Buckelschale, die hängenden Tücher und die versteiften und umgekehrten Schalendächer mit freier Form.

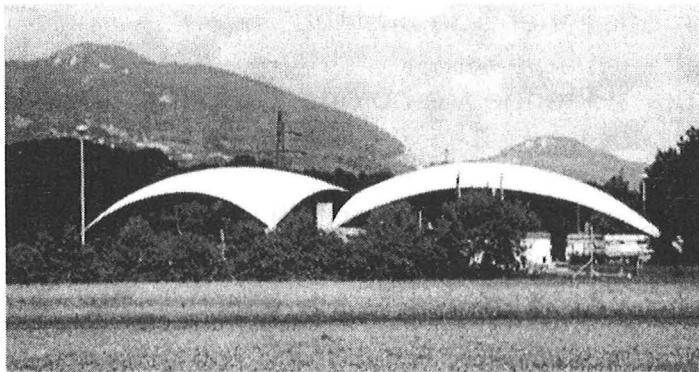
1959 findet der Gründungskongress der Internationalen Vereinigung für Schalenkonstruktionen (IASS) in Madrid statt. Isler hält einen Vortrag über die Vielfalt der Schalenformen. Baupioniere, wie Torroja, Esquilan und Ove Arup, die Stahlbetonexperten sind, nehmen als Fachleute teil. Auf diesem Kongress stellt Isler die drei Möglichkeiten, wie man zu Schalenformen kommt, vor. Wie Isler berichtet, handelt es sich um diese drei Prozesse:

- 1- Der frei geformte Hügel, dessen Schalungsform zum Beispiel aus modellierter Erde besteht.
- 2- Die unter Druck stehende Membrane, die aufgeblasen die richtige Form bildet.
- 3- Das durchhängende Tuch, das versteift umgedreht wird.



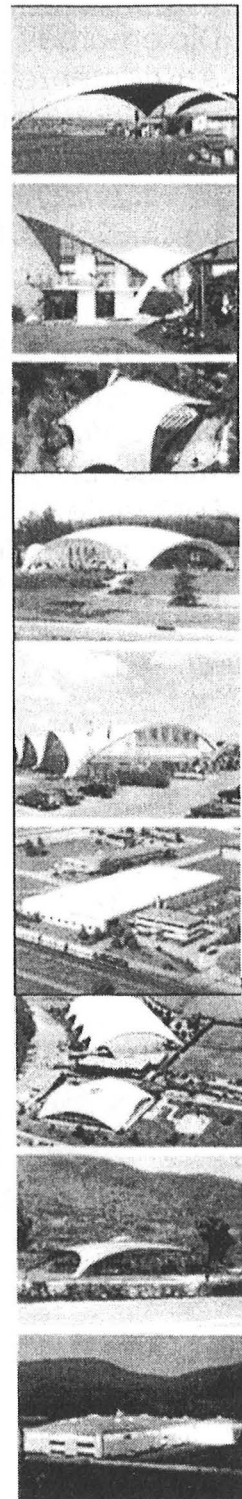
Isler hat nicht nur in neuen Formen gebaut, sondern auch neue Konstruktionsmethoden entwickelt. Solche Schalen werden auf einem Baugerüst mit Ortbeton gebaut. Die anderen sind aus gekrümmtem Holzleimbinder hergestellt und bestehen aus sorgfältig hergestellten, verleimten hölzernen Bogenstücken, auf denen die Schalung aus Latten und Holzwolle Leichtbauplatten (Heraklith) aufgebaut wird.

Die Schalendicke hängt von den Lasten und Spannweiten der Schalen ab. Sie beträgt mindestens sieben Zentimeter und kann aber fünfzehn bis neunzehn Zentimeter erreichen mit einer Grundrissfläche von 52 x 58 Meter. Bei der Schale einer Lagerhalle in Olten, konnte die Dicke, wo es nötig war, zum Schalenrand verstärkt werden, um die Beulgefahr zu verringern.



Der benutzte Beton wird mit stetiger Sieblinie und Korngröße von bis 15 mm, mit maximal 325 kg Zement pro m³ und einem möglichst niedrigen Wassorzementfaktor zusammen gesetzt und entweder aufgespritzt oder meistens frei aufgetragen. Für das Betonieren wird regenfreies Wetter abgewartet. Als Nachbehandlung lässt Isler nur nebelartiges Besprühen mit Wasser zu. Er hat Erfahrungen gemacht, die lauten, dass bei den dünnen Schalen, Temperatureinflüsse keine Rolle spielen.

Danach fängt Isler eine bauintensive Phase an. Er entwickelt Hunderte von Buckelschalen als Überdachung von Garagen und Industriehallen. Die größte Schale dieser Phase hat einen Grundriss von 54 x 58 m.



1967 arbeitet Isler am Wettbewerb für das Münchner Olympiastadion mit.

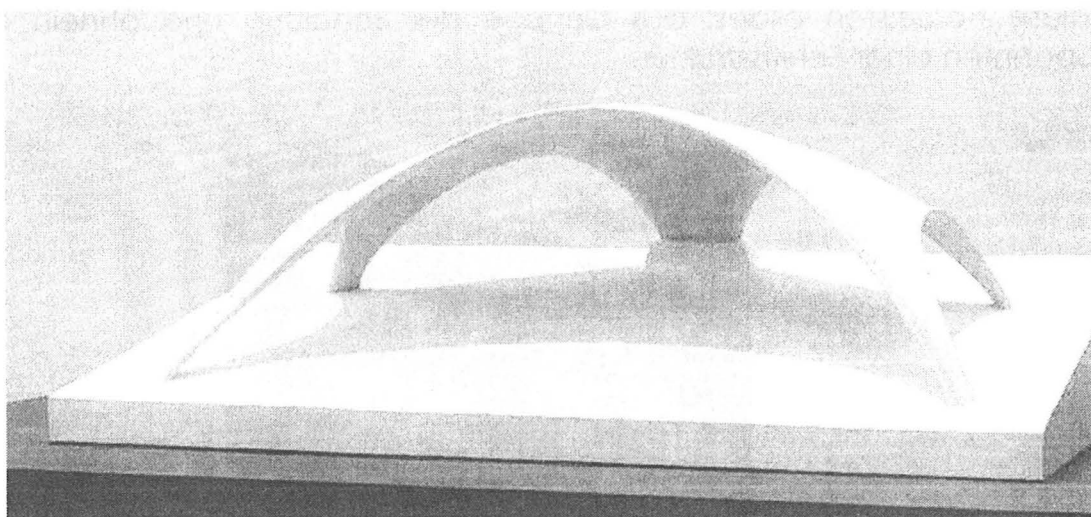
Die Formfindungsmethoden werden von ihm weiter entwickelt und verfeinert. Beispiele dafür sind das Hotelhallenbad in Lugano, das Dach für das Naturtheater in Grötzingen bei Stuttgart und die dem Ballflug angepassten Tennishallen Marin – La Thène bei Neuburg.

Islers Ergebnisse wurden an amerikanischen, japanischen, deutschen und Schweizer Universitäten gelehrt.

Bei der Entwicklung seiner Schalen hatte Isler immer die Wirtschaftlichkeit und den ästhetischen Gesichtspunkt vor Augen. Deshalb kommen seine Formen nicht direkt von Experimenten oder Modellen, sondern werden vor dem Bau der wirklichen Kuppel modifiziert und geformt, um den drei Grundkriterien, d.h. dem wissenschaftlichen, sozialen und symbolischen Kriterium zu genügen.

Das Spiel mit Modellen ist der Grund für den Erfolg, den Isler mit seinen rund 1.400 Schalen hat. Er hat die Modelltechnik zu hoher Perfektion entwickelt und so die Schalenform fast auf den Millimeter projiziert.

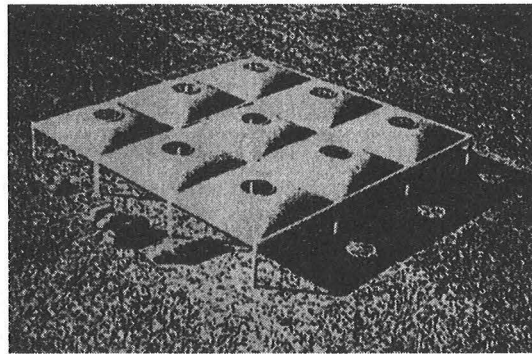
Zur ersten Bemessung, hat er sich einfacher, analytischer Ansätze bedient und danach prüft er die Spannungen an großen Kunststoffmodellen oder an Modellen aus Plexiglas. Die Dicke dieser Modellschalen wird bewusst dünn gewählt, um die Verformungen unter verschiedenen Lastannahmen studieren zu können.



2.2.1 BUCKELSCHALEN:

Die Buckelschale ist eine gekrümmte dünne Schale mit geraden Kanten, die nur an den Ecken gestützt ist. Diese Schalenart wurde 1954 von Isler entwickelt und findet seither große Anwendung im Industriebau. Zu den drei Isler Formentwicklungsmethoden gehören auch Buckelschalen die aus einer pneumatischen Form abgeleitet sind.

Diese sind addierbare Formen und können einen quadratischen, rechteckigen oder polygonalen Grundriss haben. Ihre Größe reicht von 15x15 m bis 100x100 m. Diese Hallen werden normalerweise durch eine zentrale Kuppel aus Polyester belichtet.

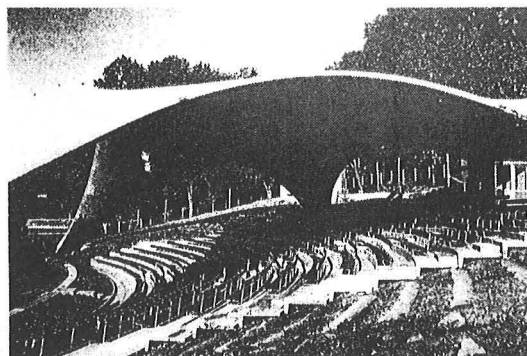


2.2.2 ÜBERDACHUNG EINES NATURTHEATERS

Grötzingen bei Stuttgart

Baujahr: 1977

Seine Spannbetonschale überdacht einen Grundriss von 28x42 m für 800 Zuschauer. Sie ist auf fünf Punkten mit unterschiedlichem Höhenniveau gelagert. Die Schalenform wurde im Hängeversuch entwickelt. Damit weist das Betondach vorwiegend Druckspannungen auf, so dass keine Risse zu erwarten sind. Alle Schalungsbinder sind unterschiedlich. Nachdem seine Form am Formmodell präzise gemessen wurde, wurden die Holzleisten auf aufgestellten Brettern geschnitten. Diese Holzleisten bilden das Gerippe der Schalung und ähneln den Spannten einer Schiffsstruktur.



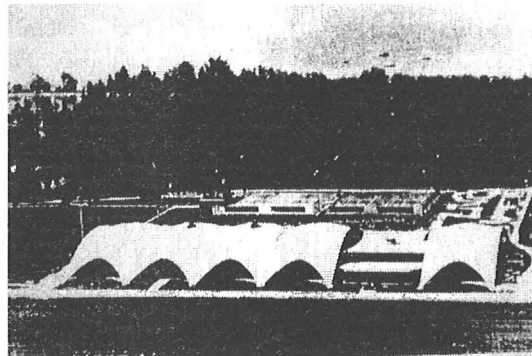
2.2.3 TENNISZENTRUM MARIN-LA THENE

bei Neuenburg

Baujahr: 1983

Die Form dieser einzigen Schale, die ein Spielfeld überdeckt, wurde durch das durchhängende Tuch-Experiment entwickelt. Die doppelt gekrümmten Schalen haben keinen Randträger, und die Schale ist nur an jeder Seite aufgebördelt. Trotz ihres Grundriss von 18,4 x 48m haben die Schalen eine hohe Stabilität und Steifigkeit.

Die elegante Form folgt der Flugbahn der Tennisbälle, und die Schalen stehen alle nebeneinander. Diese Anordnung verbessert die Stabilität der Gruppe. Der ununterbrochene Innenraum stellt einen gut tauglichen Raum für verschiedene Sportmöglichkeiten dar.



3. TEXTILMEMBRANEN

Die Anfänge der Geschichte der Membrankonstruktionen hat in den Zeltbaukonstruktionen ihren Ursprung.

Trotzdem liegt der Unterschied der Konstruktionsprinzipien in der Nutzung der Materialien: in den modernen Membranentwürfen sind die Textilien zugbeansprucht und bauen die Struktur des Gebäudes auf.

3.1 PNEUMATISCH GESTÜTZTE MEMBRANKONSTRUKTIONEN

Die Segel der Schiffe, das Windrad, der Fallschirm, der Wasserstoffballon und das Luftschiff sind die Präzedenzfälle der pneumatischen Architektur. Die Idee, das pneumatische Prinzip bei Gebäuden zu benutzen kam von F.W. Lancaster, der das erste Patent

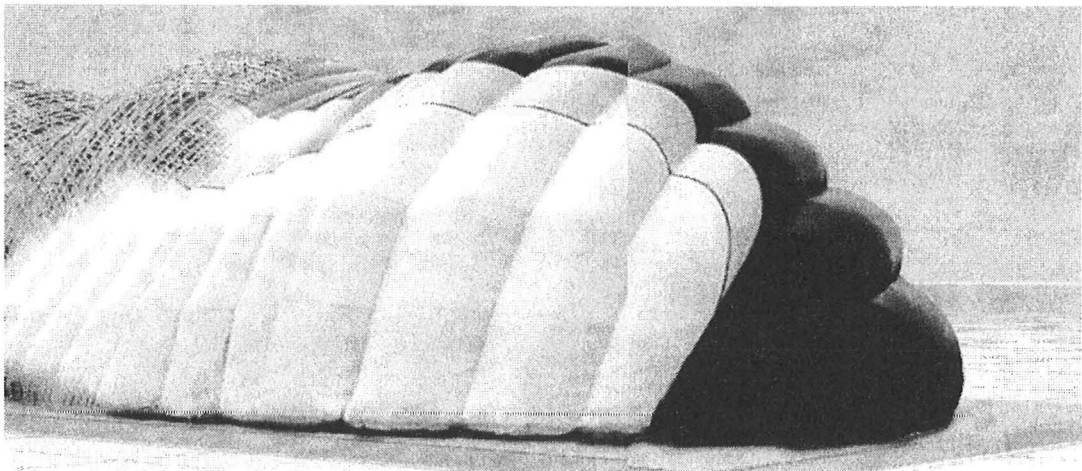
1918 anmeldete. Leider kam er nicht dazu, selbst eine pneumatische Konstruktion zu bauen.

Im Jahre 1946 unternahm eine Gruppe von Wissenschaftlern der Cornell University in Buffalo erste Untersuchungen. 1962 widmete Frei Otto den pneumatischen Konstruktionen ein großes Kapitel in seinem Werk "Zugbeanspruchte Konstruktionen".

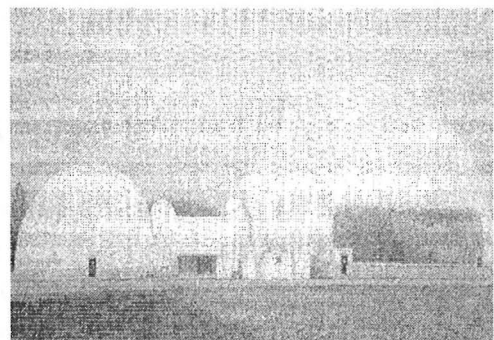
Heutzutage sind die pneumatischen vorgespannten Entwürfe die leichtesten überhaupt und erlauben extreme Spannweiten.

3.2 LUFTGETRAGENE KONSTRUKTIONEN

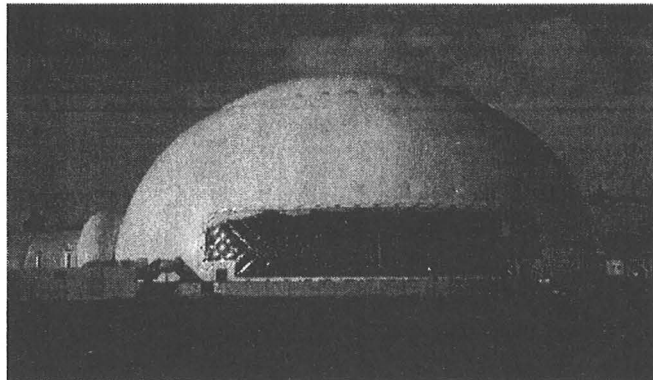
Die Membran trennt die Luftpolster und die Lasten und steht nicht selbst unter Spannung. Eine vorher zugeschnittene Membran wird ausgelegt und am Boden von Betonfundamenten, Sandsäcken, Wasserschläuchen oder Ähnlichem gesichert. Danach wird die Membran durch ein einfaches Gebläse erzeugt. Ihre Form ist normalerweise die Kugel, der Zylinder, der Kegel oder die Tropfenform. Die Kugel und die Halbkugelkuppeln erhalten das größte Volumen mit der geringsten Oberfläche und sind so die optimalsten Formen.



Beispiel: Das Mediadrom wird für das ZDF und die Mediadrom GmbH im Jahr 1995 gebaut. Es ist eine mobile Traglufthalle und wird für Unterhaltungsshow's genutzt. Die drei wichtigsten Voraussetzungen des ZDF, um die zwei Kuppeln zu entwickeln, waren:



- 1- Mobilität: schnelles Auf- und Abbauen. Innerhalb einer Woche sollte es durch eine ausgebildete Crew von 50 Personen abgebaut werden können.
- 2- Durchsichtigkeit und gute Akustik: so dass die Leute außerhalb des Gebäudes sollten nach innen schauen können.
- 3- Lagerungsfähigkeit: Dreißig Tonnen Licht- und Audioapparate sollten in der Halle gelagert werden können.

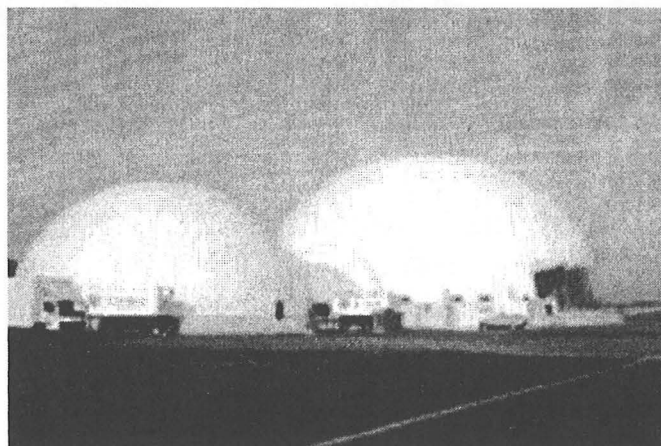


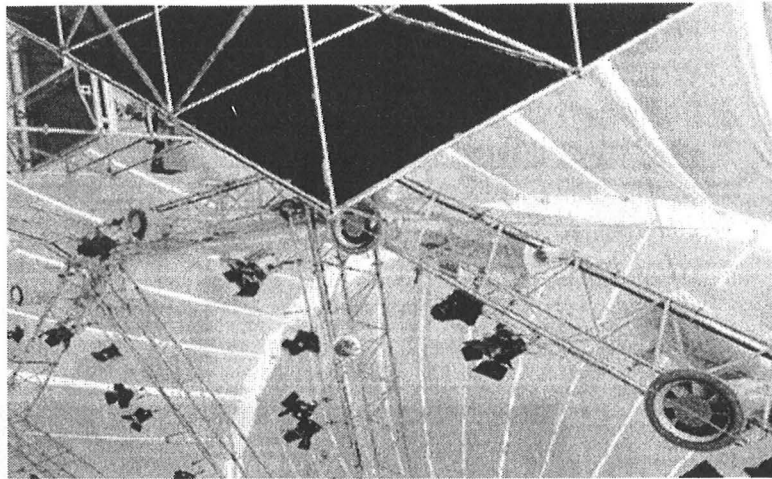
Die Gesamtfläche des Mediadrom beträgt 2.700 Quadratmeter und ca. 3.000 Personen können untergebracht werden.

Das Tragwerk ist eine Lufthalle nach DIN 4134 für aufblasbare Gebäude. Die Membrankuppeln sind durch den Luftinnendruck von 30-50 mm Wassersäule vorgespannt. Eine windabhängige Steuerung regelt die Luftdruckerzeugung.

Am Anfang wurde das Fundament aus Stahlbetonfertigteilen hergestellt. Um das Transportgewicht zu optimieren, wurde der Stahlbeton durch Wasser ersetzt.

Als Membran wurde semitransparenter PVC verwendet und für die Membranfenster wurde ET- Folie mit einer Dicke von 200 µm benutzt.





3.3 KISSENKONSTRUKTIONEN

Eine Kissekonstruktion besteht aus zwei Membranen, die miteinander verbunden sind und dann aufgeblasen werden. Ihre Form kann rund oder vieleckig sein. Sie wird durch Randseile, Stäbe, Bögen oder Ringe gehalten, welche die Elemente sind, druckbeansprucht (oder druckbelastet) werden.

Beispiel: **Stierkampfarena–Dach in Vista Alegre, Madrid**
Jörg Schlaich



Das Dach wurde im Jahre 2000 gebaut und hat zwei verschiedene Teile: einen festen und einen beweglichen. Der bewegliche Teil, ein Kissen, hat einen kreisförmigen Grundriss und besteht aus zwei Membranen.

Der pneumatische Kissen-Vorteil liegt in seiner Leichtigkeit und Wirtschaftlichkeit, weil das Flächengewicht nur ca. fünf Kilogramm pro Quadratmeter beträgt.

Das äußere, feste Ringdachteil ist ein Kugelausschnitt von 25 m Breite. Dieses Element besteht aus Stahlprofilen und bildet die Struktur dort wo, der bewegliche Teil des Gebäudes liegt. Dieses bewegliche Kissen ist zwischen einen Druckring aus Stahl gespannt. Die äußere Membran besteht aus weißem PVC beschichtetem Polyester, der vor der intensiven Madridsonne schützt.

Das Innere Dachteil besteht aus transparenter Folie und wird von einem Seilnetz gestützt. Zwischen den beiden Membranen ist Luft auf 4 Millibar gefüllt, mit einem Überdruck, der die Membranen unter Schnee oder Wind stabil hält. Die Kissen von Vista Alegre, mit knapp 2.000 Quadratmeter Fläche, sind die größten ihrer Art auf der Welt.

4. Bibliographie

Fritsch, H. (1995): *Architekten: Pier Luigi Nervi*.
IRB-Verleger.Stuttgart.(ISBN 3-8167-1277-0)

Krausse, J. und Lichtenstein, C. (1999): *R. Buckminster Fuller: The Art Of Design Science*.
ed. Your Private Sky, Lars Mueller Publishers, (ISBN 3-907044-88-6)

Lloyd Sieden. (1989) : *Buckminster Fuller's Universe, His Life and Work*.
Basic Works (ISBN 0-7382-0379-3)

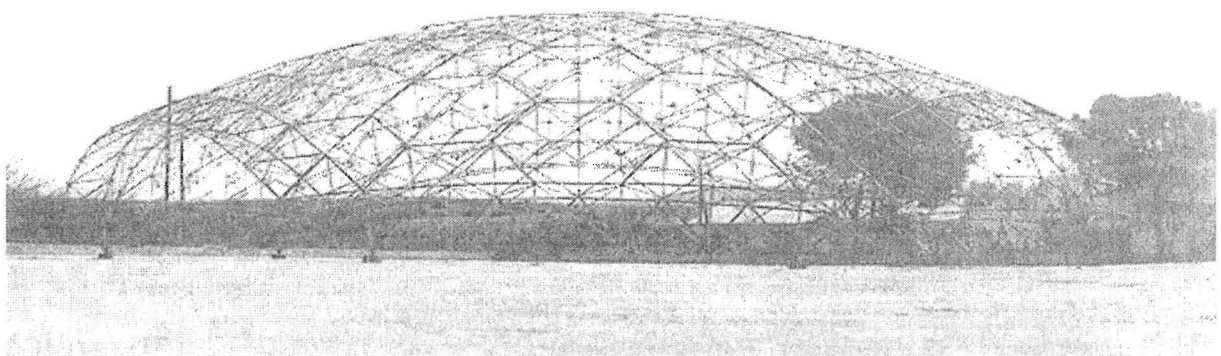
Heinz Isler. (1989): *Heinz Isler Schalen*.
Kramer Verleger. (ISBN: 3782814924)

<http://en.structurae.de>

TECHNISCHES VOKABULAR

Deutsch – Spanisch

e	Abtragung, en	la transmisión, el transporte
e	Achsenbelastung, en	el esfuerzo axil
r	Baukörper, -	el elemento constructivo
r	Bauteil, e	el elemento constructivo
e	Beulgefahr, en	el peligro de desplome
e	Biegebelastung, en	el esfuerzo de momento
s	Gebläse, -	el hinchador
	gekrümmt	arqueado, curvado
s	Gelenk, e	articulación
	geodätisch	geodésica
s	Gerüst, e	el andamio
s	Gewölbe, -	la bóveda
r	Gurt, e	el cordón, la correa
s	Gusseisen, -	el hierro fundido, la forja
r	Kegel, -	el cono
s	Kissen, -	el cojín, la almohada
r	Knotenpunkt, e	el nudo
e	Latte, n	la tabla, el listón
r	Luftkreislauf, "e	la circulación del aire
s	Luftpolster, -	el relleno de aire a presión
r	Nachweis, e	la verificación
e	Nutzlast, en	la carga
r	Obergurt, e	el cordón superior
e	rechnerische Methode, n	el método de cálculo
e	Säule, n	la columna, el pilar
e	Schale, n	la cáscara
e	Scherungsbelastung, en	el esfuerzo de cortante
r	Schnitt, e	la sección
e	Sonnenbestrahlung, en	la iluminación solar
r	Stab, "e	la barra
e	Steifigkeit, en	la rigidez
e	Steuerung, en	el control (automático)
r	Träger, "	el tirante
	versteift	rigidizado
e	Verformung, en	la deformación
r	Umkreis, e	el perímetro



**DIE KUPPELENTWICKLUNG IN SPANIEN
VOM MODERNISMUS BIS HEUTE**

Die Kuppelentwicklung in Spanien vom Modernismus bis heute

1. Der Modernismus: Die Bedeutung der Form von Kuppeln

1.1 Aspekte der Charakteristiken des Modernismus

Der Modernismus war gegen die Industriearchitektur der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts und entwickelte neue architektonische Konzepte wie Natürlichkeit und Bewegung. Die Fassaden der Gebäude aus dieser Epoche sind vielfach mit dekorativen Elementen wie Vögeln, Schmetterlingen, Blättern und Blüten aus Stein oder Keramik geschmückt. Die Fenster- und Balkongitter sind oft aus Schmiedeeisen und weisen überwiegend von der Natur inspirierte Motive auf.

Nach katalanischer Tradition war der Katalanische Bogen bei Deckenkonstruktionen oder Freitreppen ein typisches Merkmal. Der Definition nach, werden bei dieser Bautechnik die Ziegel an ihrer breiten Seite im Bogen mit schnell trocknendem Gips selbsttragend gemauert und anschließend wird auf diesem ausreichend festen Bogen eine oder mehrere Lagen mit Mörtel aufgetragen.

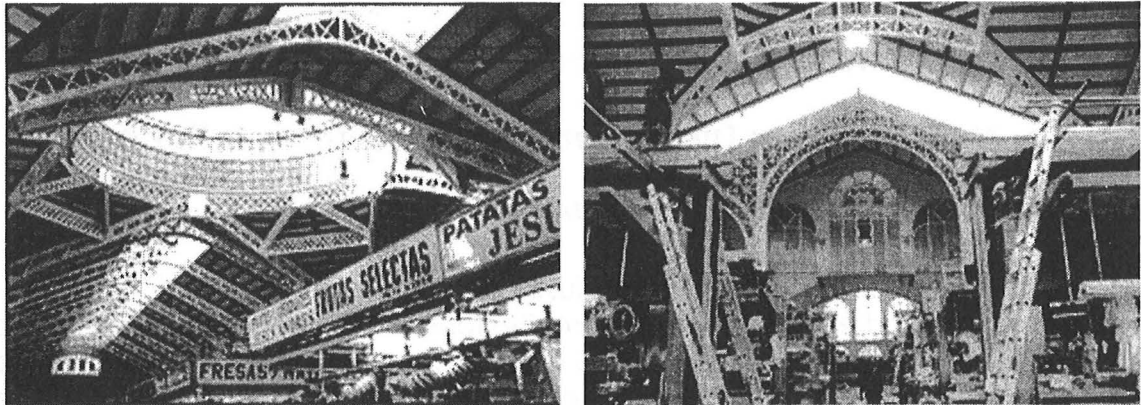


Einige Details des Modernismus in Barcelona

1.2 Beispiele

1.2.1 Der Hauptmarkt Valencias

1261 gab es in Valencia einen mobilen Messe neben der Stadtmauer, der mit der Stadterweiterung ins Innere der Mauer verlegt wurde. Bis zum 20. Jahrhundert war es ein Verkaufsstandensemble, das täglich abgebaut werden musste. Nach verschiedenen Projekten, schrieb das Rathaus Valencias 1883 einen Wettbewerb aus, um einen festen Markt aus Eisen zu bauen. 1910, das Jahr der Nationalausstellung in Valencia, wurde ein neuer Wettbewerb angeboten, der von zwei Architekten, Francisco Guardia Vidal und Alejandro Soler y March, gewonnen wurde. Bei beiden Architekten macht sich der Einfluss Domenech Montaners stark bemerkbar. Wegen mehrerer Bauprobleme während der Bauzeit, wurden beide durch die Architekten E. Viedma und A. Romani ersetzt, und der Bau 1928 endlich fertig gestellt.

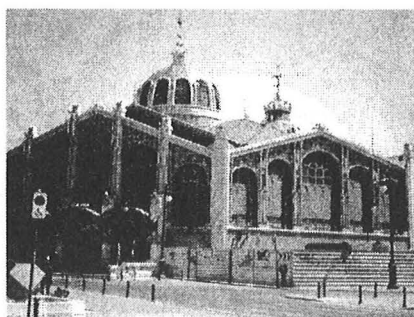


Der Innenraum des Marktes

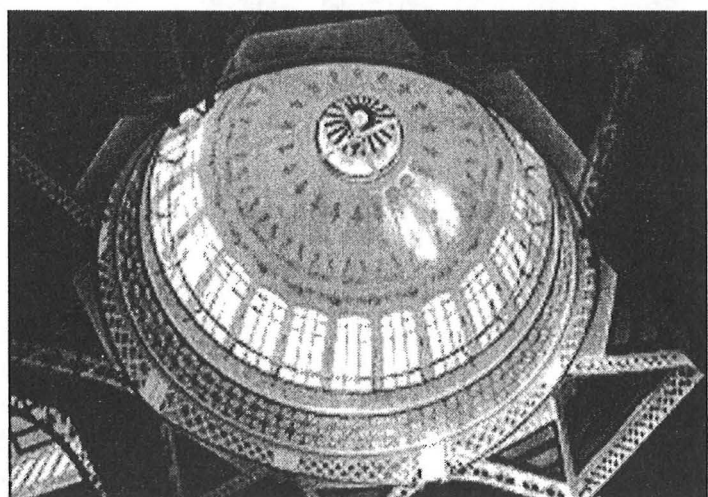
Der Hauptmarkt Valencias ist heute ein Gebäude mit einer Metallstruktur. Er hat eine Größe von 8160 Quadratmetern und beinhaltet 959 Verkaufsstände. Die Balken und Eisenmaschen erlauben eine Deckung mit weiten Kuppeln: die Zentralkuppel erhebt sich 30 m über dem Boden und 18 m über der Haupthalle. Daher ist dieser Markt einer der größten Märkte Spaniens und sogar einer der größten Europas. Die Formen sind sehr plastisch mit vielen optischen Effekten, reichlicher Keramikdekoration, Eisen und Glas, das heißt, es handelt sich um ein modernistisches, bürgerliches Monument.

Der Innenraum ist komplex. Er stützt sich auf einen geraden Längsweg und zwei breite Querwege, wo die Verkaufsstände sind. Seine Form ist polygonal mit einer Zentralkuppel. Die großzügige Verwendung von Glas in den Kuppelfenstern, wie auch an verschiedenen Punkten der Bedachung und Außenmauer, erlaubt reichhaltiges Naturlicht.

Das Gebäude besteht aus einem Erdgeschoss und einem großen Untergeschoss mit Zugangsrampen, welche als Lagerplatz genutzt werden. Das Ensemble hat außerdem zwei kleine rote gotische Backsteingebäude links und rechts des Haupteingangs.



Die Kuppel von außen



Details der Zentralkuppel

1.2.2 Der Markt von Colón

In der städtischen Erweiterung zwischen der Colón Straße und der Gran Vía Marqués del Turia Straße liegt dieser Marktgebäudekomplex modernistischen Stils. Er wurde Anfang des 20. Jahrhunderts auf dem Bauplatz des ehemaligen Gaswerks gebaut. Das Projekt wurde vom Architekt Francisco de Mora y Berenguer ausgeführt und der Architekt Demetrio Ribes nahm an der Bedachung Teil.

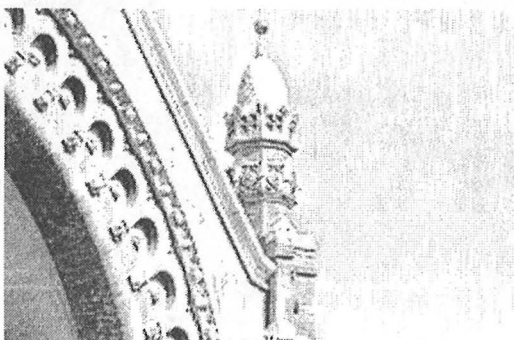
Das Gebäude hat einen rechteckigen Grundriss mit drei Hallen und zwei seitlichen Wetterdächern. Innen gibt es Stahlgitterträger auf gegossenen Stützen. Die Fassaden sind an den Schmalseiten. Bei beiden verbinden sich Materialien wie Stein, Backstein und Keramik auf die typisch modernistische Weise der katalonischen Schule.

Die Fassade auf der Jorge Juan Straße besteht aus einem großen Spitzbogen, der sich über das Dachprofil erhebt. Auf dieser Seite liegt die Verwaltungszone. Die Innenraumdecken der Büros sind Kreuzgratkuppeln aus Mosaik.



Die Fassade des Colón Marktes

Die Fassade auf der Conde Salvatierra Straße hat einen Bogen mit Glasfenstern und wird von zwei kreisförmigen Türmen flankiert, die in einer eiförmigen Kuppel enden. Diese Seite wurde später bis auf ihren Urzustand zurück restauriert. Das Marktdach ist aus Metall mit einem zentralen Oberlichtband. Nach den letzten Restaurierungsarbeiten wurde der Markt 2003 wieder eingeweiht. In ihm befinden sich eine dreigeschossige Tiefgarage, und eine Art Kellergeschoss, wo die Geschäfts- und die Freizeitzone ist. Einige Verkaufsstände sind im Erdgeschoss, wo noch weitere Geschäfte und Cafés eröffnet wurden.



Detail der Marktfassade

Die Errichtung des ersten überdachten Marktes in Barcelona fand Ende des 19. Jahrhunderts und Anfang des 20. Jahrhunderts statt. In dieser Zeit erreichte die modernistische Architektur ihren Höhepunkt, weshalb viele dieser Märkte im modernistischen Stil sind.

1.2.3 Der Galvany Markt in Barcelona



Der Gebäudekomplex des Marktes

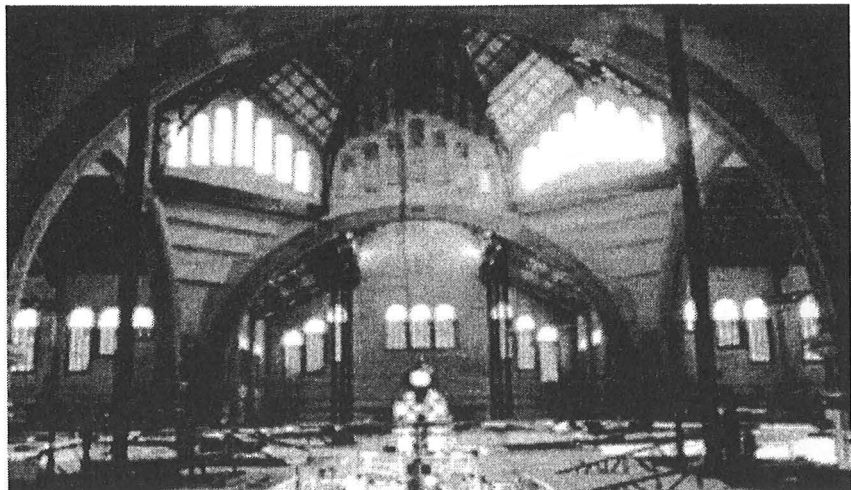


Die Hauptfassade des Marktes

Das Galvany Marktgebäude liegt im Sarrià-Sant Gervasi Viertel und füllt einen Großteil dieses Viertels aus. Dieser Gebäudekomplex wurde von 1868 bis 1927 gebaut und später zwei Mal restauriert, in den Jahren 1964 und 1990.

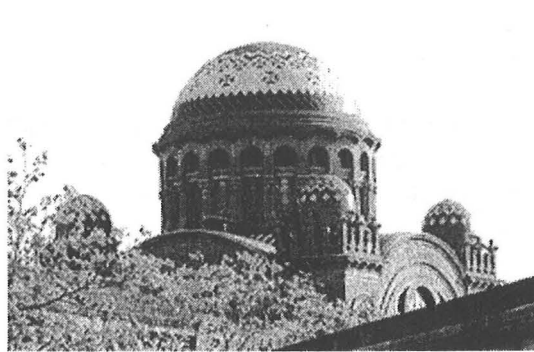
Die Sichtmauerwerkshalle des Marktes besteht aus einem griechischen Kreuz mit einer großen oktogonalen Hauptkuppel. Die Bedachung ist eine Metallstruktur mit einer Schicht aus Holzplatten. Innerhalb des Markts befinden sich 28 Eisenpfiler, welche das Dach stützen.

Das Gebäude hat vier majestätische Fassaden an den Enden der zwei Hallenachsen. Sowohl das Längs- wie auch das Querschiff ist mit neun Innenbögen ausgestattet, über denen es jeweils ein kleines modernistisches Farbglasfenster gibt. Außerdem befinden sich elegante Mosaiken in Gestalt des alten Stadtwappens. Die Seitenfassaden und die Kuppeln haben ebenfalls modernistische Farbglasfenster, die besonders auffallen. Galvany ist einer der schönsten Märkte Barcelonas und steht heute unter Denkmalschutz.



Die Galvany Kuppel und der Innenraum des Marktes

1.2.4 Das Sant Pau Krankenhaus in Barcelona

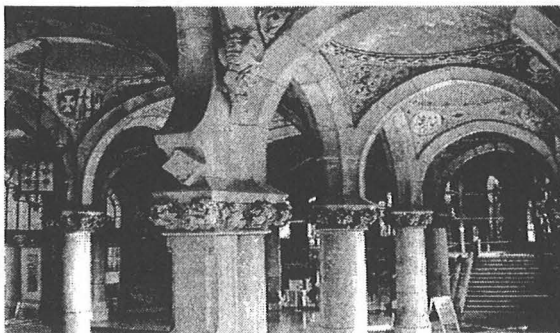


Die Hauptfassade des Krankenhauses und seine Kuppeln

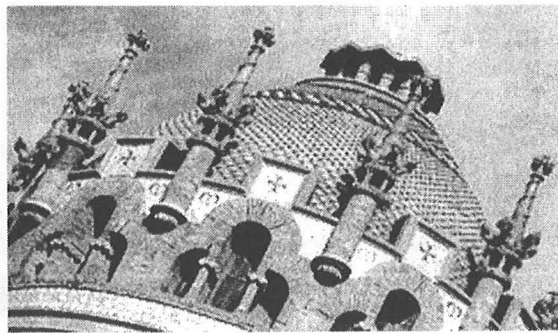
Der Architekt Lluís Domènech i Montaner entwickelte einen funktionalen Modernismus, der eine freie Interpretation des neogotischen Stils war. Wie Domènech selbst sagt: "Lasst uns mit der Öffnung der Formen beschäftigen, die sich uns jüngst aus Erfahrungen und Bedürfnissen aufgedrängt haben; bereichern wir uns daran und geben wir ihnen expressive Formen, lassen wir uns inspirieren durch die Natur und die schmuckvollen Reichtümer, die uns geboten werden von den Bauwerken jeder Periode." Aus diesem Grund haben einige seiner Bauten gotische Zinnen und Rittersymbole. Seine architektonische Neuheit besteht aber vor allem in einer neuen Auffassung der Raumgliederung, die "klar, rational, verständlich, mit sichtbaren Achsen und Durchblicken" sein wollte.

Die Geschichte des Gebäudes

Das Sant Creu und Sant Pau Krankenhaus hat seinen Ursprung 1401, als sechs kleinere Krankenhäuser, welche es bereits in Barcelona gab, zu einem zusammengefasst wurden. Damals war dieses Krankenhaus ein Beispiel der katalanischen Gotik. Ende des 19. Jahrhunderts wurde dort ein neues Gebäude gebaut. Der Architekt Lluís Domènech i Montaner (1850-1923) wurde mit diesem Projekt beauftragt. Dieser Bau verwandelte sich in eines der wichtigsten Gebäude des katalanischen Modernismus. Besonders auffallend an diesem Gebäude ist das Tafelziegelgewölbe der Dachkonstruktion. Die Dekoration, bei der die polychrom gedeckten Kuppeldächer der einzelnen Pavillons besonders auffallen, ist von grundlegender Bedeutung: Einerseits integriert sie sich in die architektonische Struktur und andererseits trägt sie eine tiefe symbolische und religiöse Bedeutung.



Die Kuppeln im Inneren des Pavillons



Die Bedachung des Krankenhauses

1.2.5 Der Palau Güell

Formen

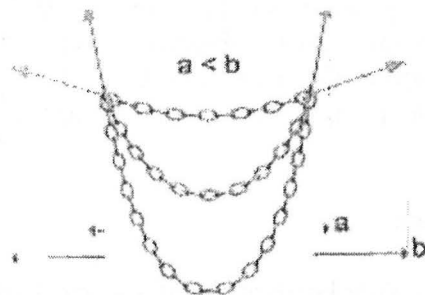
Gaudí war ein katalanischer Architekt (1852-1926), bekannt für seine Bauwerke im „Modernisme“, der katalanischen Spielart des Jugendstils. Einige herausragende Merkmale waren geschwungene Linien, unregelmäßige Grundrisse, schräg gemauerte Stützen und runde, organische Formen. Als typische Materialien wurden Bruchsteine und bunte Keramikfliesen benutzt.

Strukturen

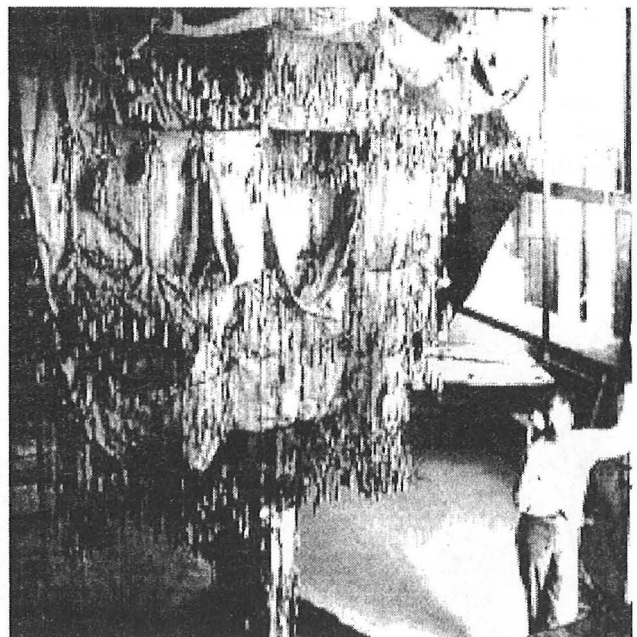
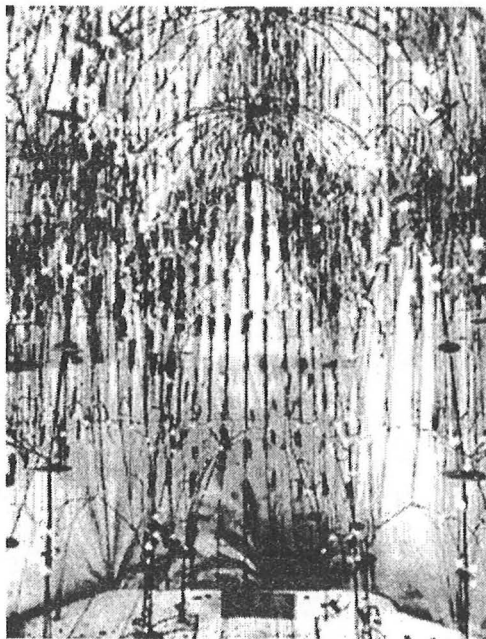
Gaudí arbeitete mit dem Prinzip der Hängemodelle für die Konstruktion der tragenden Strukturen. Durch dieses Prinzip konnte er komplizierte Formen ohne Berechnungen mit einem minimalen Materialeinsatz ausführen. Diese Bauform wird auch als katalanisches Gewölbe bezeichnet und folgt dem Prinzip der Kettenlinie. Seine Gebäude wurden während des Baus von Skizzen und Modellen begleitet.



Antoni Gaudí

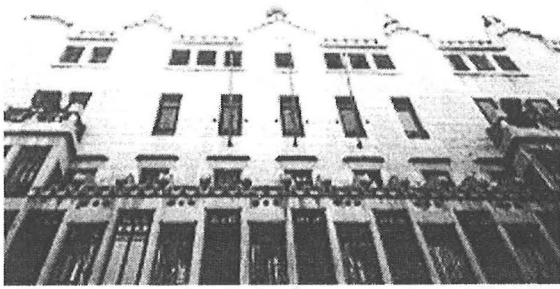


Das Prinzip der Kettenlinie

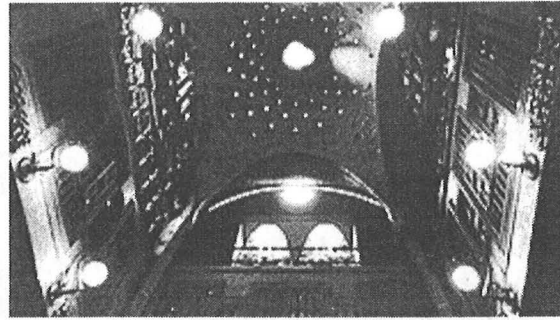


Gaudí mit seinen Hängemodellen

Die Geschichte des Palau Güell



Die Hauptfassade des Güell Palasts

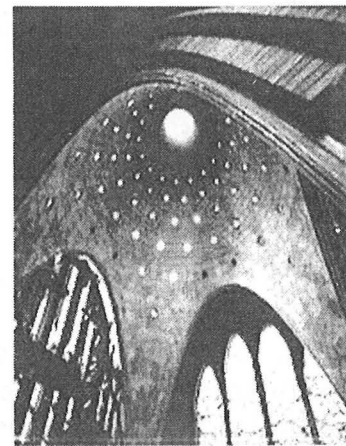
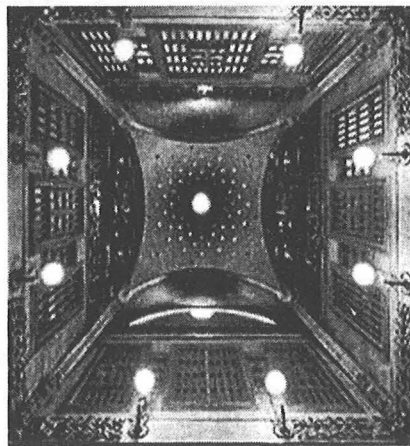
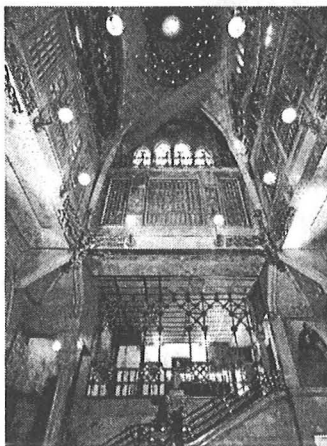


Der Innenraum mit Kuppel

Der Güell Palast wurde neben der Rambla im alten Zentrum von Barcelona errichtet und liegt zwischen Trennmauern neben dem Wohnhaus der Familie Güell. Der Palastbau dauerte von 1886 bis 1888, aber die dekorative Ausgestaltung wurde nicht vor 1889 beendet. 1945 wurde das Gebäude verkauft und in ein Bühnenkunstmuseum verwandelt. Nach einigen Restaurierungen wurde der Palast Güell 1986 von der UNESCO als Weltkulturerbe deklariert. Das Gebäude hat einen fast quadratischen Grundriss, wobei nicht alle Stockwerke gleich sind, sondern vom Untergeschoss bis zum Dachboden variieren, um sich den spezifischen Funktionen anzupassen.

Die Hauptfassade ist gleichmäßig aus hellgrauem Stein gebaut. Ihre zwei Eingangstüren sind aus Schmiedeeisen, in der Mitte der Fassade. Im ersten Geschoss gibt es eine Tribüne. Die Fassade auf der höheren Etage ist flach und gipfelt in kleinen, dreieckigen Giebeln, die einen treppenförmigen Rand haben, an dessen Ende es Schornsteine oder "Luftlöcher" gibt. Die hintere schmucklose Fassade hat einen originellen Entwurf, der aus einer Tribüne mit Rollläden besteht und im ersten Geschoss mit Keramikelementen verziert ist. Im obersten Stockwerk gibt es einen Balkon mit einer Pergola.

Innen befindet sich eine parabolische Kuppel. Ein gelöcherter Konus schafft den Eindruck eines Planetariums.

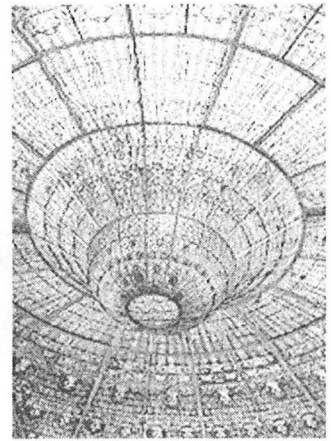
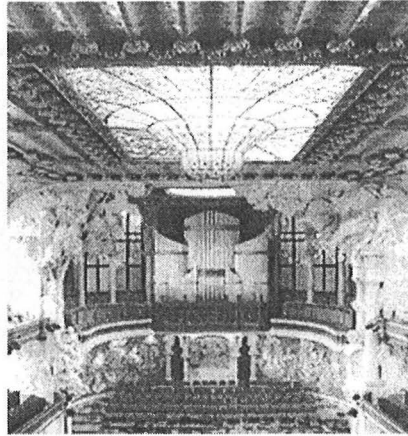


Die parabolische Kuppel im Zentralwohnzimmer und Details des Konus

1.2.6 Der Palau de la Música (Musikpalast)



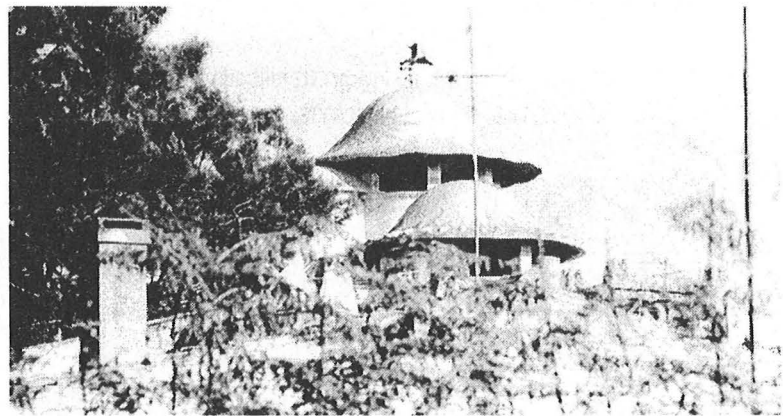
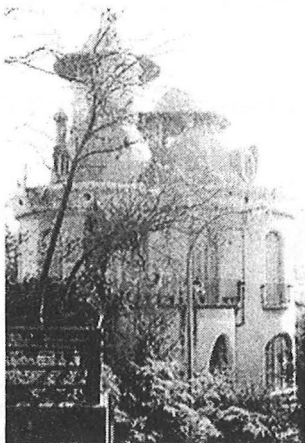
Die Fassade des Musikpalastes



Seine Kuppel im Auditorium

Der Palau de la Música ist ein Konzertsaal, der von Lluís Doménech i Montaner entworfen wurde. Sein Bau dauerte von 1905 bis 1908. Die Lösungen für die Struktur waren sehr fortschrittlich mit großen Glasmauern und der Eingliederung der Künste (Mosaiken, Glasmalerei und Fachwerk). 1997 nahm die UNESCO dieses Gebäude ins Weltkulturerbe auf. Dieses Auditorium hebt durch seine Eisenstruktur hervor, was ein freies Stockwerk mit Glas zu schließen erlaubt. An zwei Phänomenen (Typologie und Projekt) zeigt sich dieser Fortschritt: Erstens, dass der Hof innerhalb der Scheidemauer der Kirche liegt um das Licht einzulassen und zweitens, dass das Auditorium in den ersten Stock verlegt wurde. Ein weiteres außergewöhnliches Element stellt das Oberlicht dar. Es entpuppt sich als eine riesige, verglaste Muschel, in der die massiven Wände den Eindruck erwecken, wegzuschmelzen.

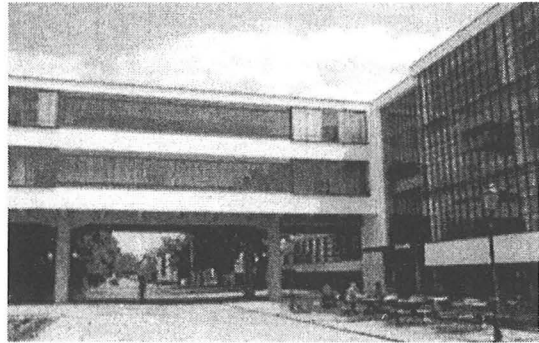
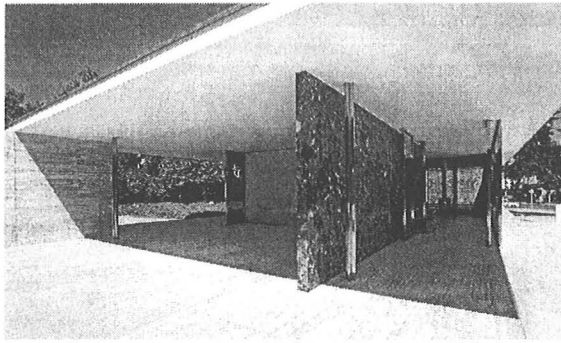
1.3.7 Der Torre de la Creu (Kreuzturm)



Die eierförmigen Kuppeln des Kreuzturmes

Das Torre de la Creu Gebäude wurde von 1913 bis 1916 gebaut und liegt in Sant Joan Despí, in der Nähe von Barcelona. In der Meinung der Kritiker ist es unmöglich ein anderes Gebäude mit mehr Raum- und Stilversuchsobjekten zu finden. Die Kuppeln sind eierförmig. Unter ihnen entwarf der Architekt Josep Maria Jujol zwei Häuser mit verschiedene charakteristische Elementen, wie die elegante Treppe, den Gang und den Turm.

2. Forschung und Entwicklung



Beispiele der neuen Architektur der Architekten Mies van der Rohe und Gropius

2.1 Aspekte der neuen Bautechniken

Die Kunsthistoriker Hitchcock und Johnson analysierten die neue Architektur nach formalen Gesichtspunkten und formulierten über sie die folgenden Prinzipien:

1. Architektur wird vom Raum definiert; sie ist nicht die Bildung einer Tektonik.
2. Die moderne Architektur soll regelmäßig und modular sein.
3. Internationaler Stil ist von jedem Schmuck befreit.
4. Moderne Gebäude sehen leicht aus; die Außenwände sollten große, glatte Flächen mit regulärer Textur sein.

2.2 Beispiele

2.2.1 Eduardo Torroja Miret



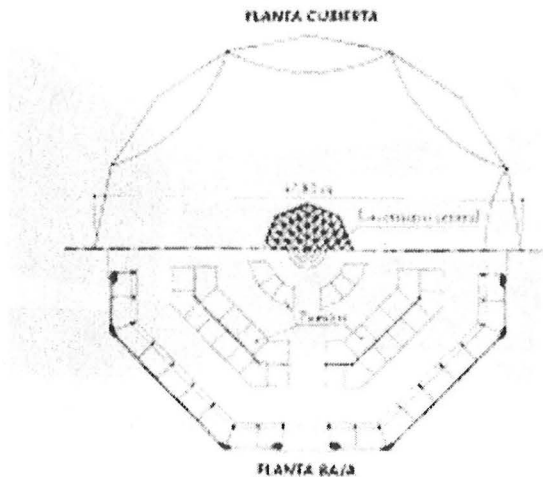
Eduardo Torroja



Die Tribünen der Zarzuela Pferderennbahn in Madrid

Eduardo Torroja y Miret (1899-1961) war ein spanischer Bauingenieur und Architekt. Er entwickelte den Betonschalenbau. Sein bekanntestes Bauwerk sind die Tribünen der Zarzuela Pferderennbahn in Madrid 1935, mit horizontaler Kragarmkonstruktion der Dächer aus Stahlbetonschalen. Torroja wurde 1939 Professor an der Madrider *Escuela de Caminos* (Bauingenieurschule) und Direktor des *Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento* (Technische Institut für Bau und Zement). 1959 gründete er die *International Association for Shell and Spatial Structures* (IASS).

Der Markt von Algeciras



Der Markt von Algeciras

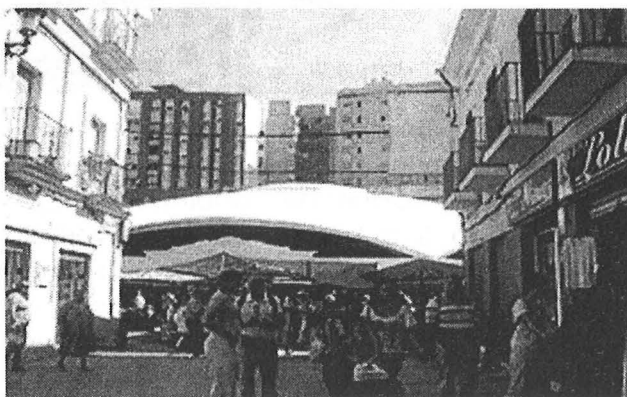


Die Kuppel des Marktes

Dieses Gebäude wurde nach Plänen von Eduardo Torroja von 1934 bis 1935 gebaut. Die Struktur besteht aus einer sphärischen Kuppel, die sich auf acht periphärische Pfeiler stützt. Der Durchmesser der Kuppel ist 47,80 m und der Radius der Krümmung 44,10 m. Das Außenperimeter der sphärischen Kugelkappe wird an jeder Seite des achteckigen Geschosses von zylindrischen Gewölben abgelöst, die sich auf zwei angrenzende Pfeiler stützen. Der Kreuzungspunkt der kugelförmigen Fläche mit der walzenförmigen versteift die Kuppel und lässt die Hauptspannungen auf die Pfeiler ab.

Die zylindrischen Flächen der Kuppel verlängern sich über die Seiten des von acht Pfeilern definierten Achteckes hinaus und dienen so als Eingangsvorsprung des Marktes. Die Berechnungsdicke der Lamellen ist 9 cm, aber sie vergrößert sich um 50 cm in der Nähe der Pfeiler, wo die vertikale Komponente gestützt wird, während der horizontalen Kraft im radialen Sinn mit einer periphärischen achteckigen Zwingen entgegengewirkt wird.

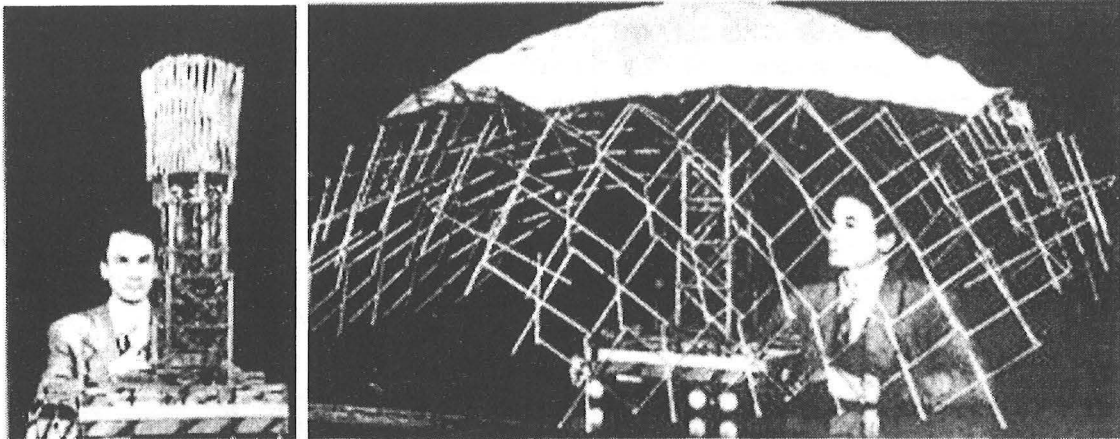
Dieser radiale Sinn mit sechzehn 30 mm kleinen Trägern funktioniert unter Zugbeanspruchung, im Gegensatz zur komprimierten Lamellen. Deshalb wurden Spanner in diese Trägern angebracht. Die Radien die das Zentrum jedes Trägers mit der Kuppel verbinden, dienen dazu, die zylindrischen Flächen festzumachen und die Knickung auszupendeln.



Der Markt von Algeciras



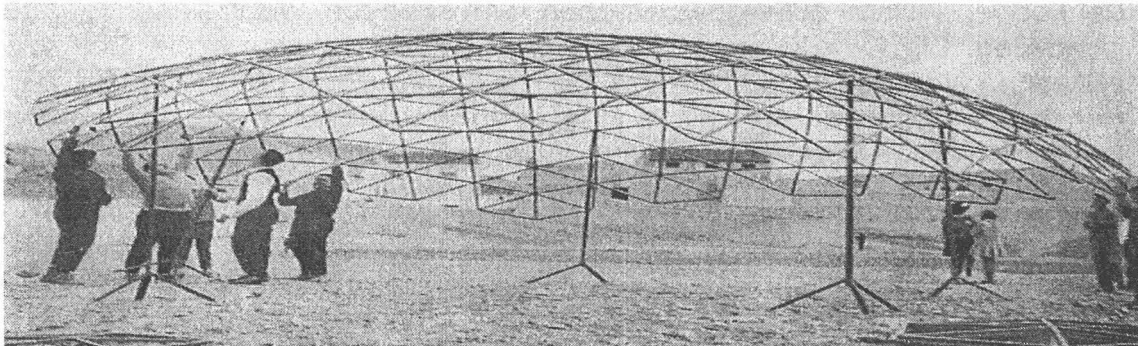
2.2.2 Emilio Pérez Piñero



Emilio Pérez Piñero und seine ausklappbaren Modelle

Wissenwertes über sein Leben

Emilio Pérez Piñero wurde 1936 geboren und ist 1972 gestorben. Er hat die wichtigsten Grenzsteine der spanischen Technologie gelegt. 1961 stellte er sein ambulantes Theater im 7. Kongress Londons aus. 1962 zeigte er in München viele Typen ausklappbarer Strukturen und in Tokio seine Kuppeln. Ebenfalls im Jahr 1962 bekam er sein Universitätsdiplom als Architekt. 1963 wurde er Architekturdozent an der Technischen Universität in Madrid und stellte gleichzeitig seine Strukturen in der Hauptstadt aus. 1964 gewann Pérez Piñero den Wettbewerb für einen mobilen Ausstellungs-Pavillon, der im Hof von den *Nuevos Ministerios* aufgebaut wurde. 1965 baute er ein zerlegbares Theater mit retikulären Kuppeln. Von 1966 ab studierte und entwickelte er verschiedene Modelle in variablem Maßstab.



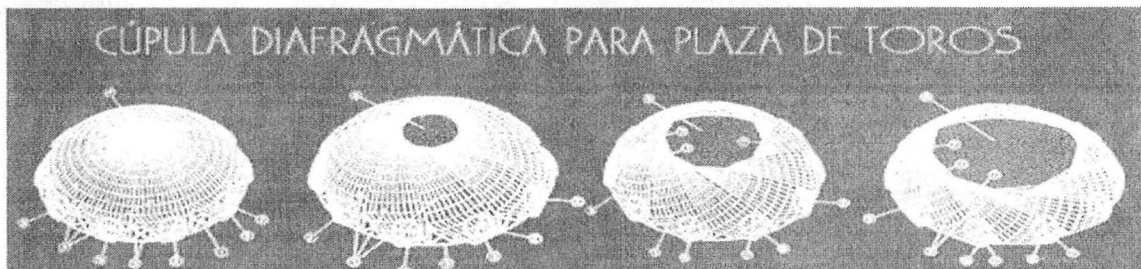
Der Aufbau eines seiner Modelle

Stahl- und Leichtmetalllegierungen, mit ihrem enormen Spannungswiderstand erlauben die Formfreistellung. Deshalb sind diese Materialien für Textil-Bespannungen sehr geeignet. Die Nutzung ihrer Kompressionsresistenzfähigkeit ist limitiert durch den Verformungseffekt. Daher war es unerlässlich, die Form zu modifizieren, wobei das Trägheitsmoment vergrößert werden musste, was eine Kosten- und Eigengewichtssteigerung verursachte. Pérez Piñeros Lösung für dieses Problem waren retikuläre, netzartige Strukturen. In ihrem Fall wird die Form modifiziert, aber nicht die Aufteilungen.

Diese Konzeptänderung eines Projekts und die Ausführung einer retikulären Struktur haben die folgenden Phasen:

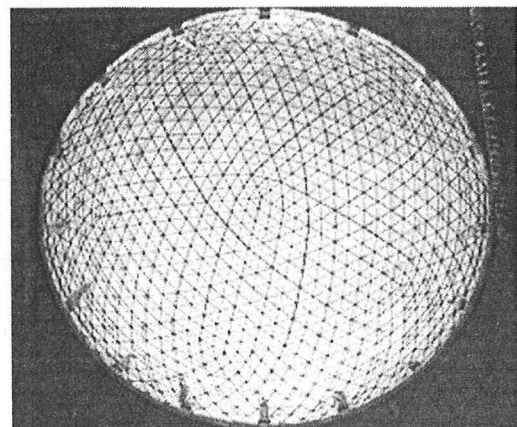
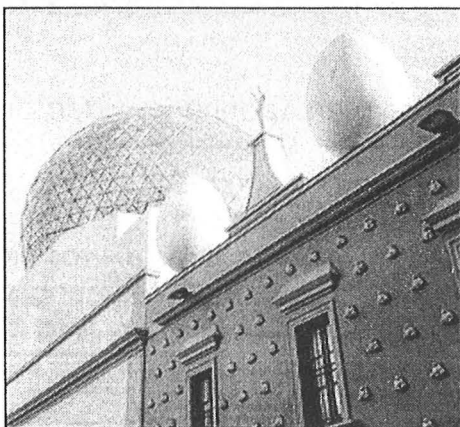
1. Bestimmung der generellen Form des Gesamten.
2. Festsetzung der kleinen Netze, Durchbildung und Länge der Stäbe (der geometrischen Berechnung der Struktur entsprechend).
3. Baulösung der Verbindung der verschiedenen Stäbe.
4. Ausführung des Struktureinbaus am Standort.

Die retikulären Kuppeln haben offene Innenräume. Es gibt keine Schwierigkeiten mit Verankerungen oder Verschiebungen. Diese Kuppeln sind selbsttragend und ihr Aufbau braucht kein Baugerüst, weil dieser Prozess sehr rasch von statten geht.



Emilio Pérez Piñeros Verbindung zu Salvador Dalí

Um sein Werk repräsentativ darzustellen, wollte Dalí seinen eigenen Museumstempel errichten, weshalb ihm das zerstörte Stadttheater von Figueres als Mittel seiner Pläne diente. Als Dach schwebte Dalí eine Glaskuppel vor, in der Art des amerikanischen Architekten Richard Buckminster Fullers. Nach seinen Vorstellungen beauftragte Salvador Dalí Emilio Pérez Piñero mit dem Bau der Kuppel. Mit ihrer außergewöhnlichen Form ist sie zum Wahrzeichen Figueres' geworden. Die Details des Museums als Gesamtkunstwerk hatte Dalí selbst entworfen, von den monumentalen Eiern auf dem Dach des Gebäudes bis zu den Broten auf dem Kopf der Taucher in voller Ausrüstung und den Toiletten. Der Architekt für das Gebäude war Joaquín de Ros y de Ramis, der jedoch immer nur in Übereinstimmung mit dem „Göttlichen“, wie Dalí sich nun selbst nannte, arbeiten durfte. Der Bau begann am 13. Oktober 1970, und bereits ein Jahr später nahm Dalí die Arbeit am Deckengemälde für das *Teatre-Museu* in Angriff.

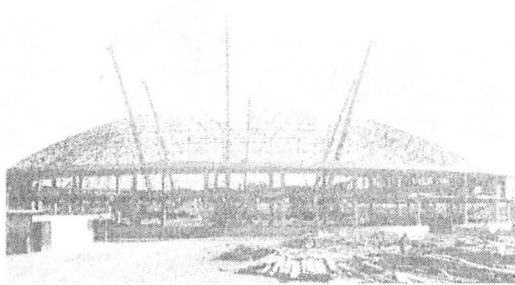


Das Teatre-Museu Dalí und die Kuppel des Museums

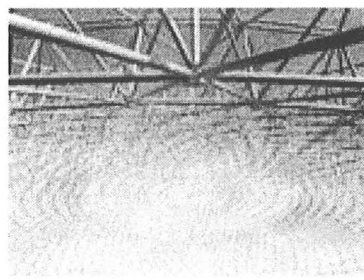
2.2.3 Der Viehmarkt in Vitoria

Der Hauptraum der Agrikultur- und Viehmesse ist mit einer doppelrohrschichtigen Kuppel bedeckt. Der Durchmesser der Kuppel beträgt 76 Meter und ihre Höhe 14 Meter. Sie wurde 1975 errichtet, wofür das patentierte Palc Bauwerksfugensystem benutzt wurde. Dieser Bau erhielt 1977 sowohl den Spanischen Preis für Stahlstrukturen ohne industrielle Nutzung, als auch einen europäischen Preis.

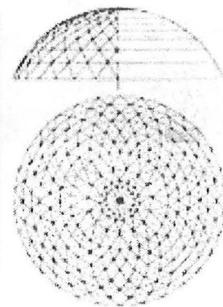
Das für diese Kuppel benutzte System hat hemisphärische Knoten aus gegossenem Stahl oder Schmiedestahl. Die Rohrelemente haben konische Endstücke und werden mit den Knoten durch gespannte Bolzen verbunden.



Der Viehmarkt und seine Montage



Details der Kuppel



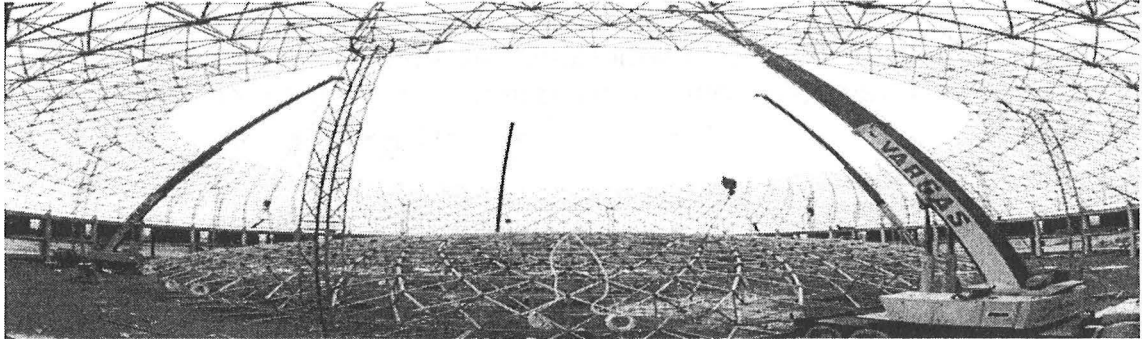
Geometrische Beschreibung

Die Kuppel und ihre umliegende Struktur stützen sich auf 36 Betonsäulen, die in einem Kreis regelmäßig angeordnet sind. Die Länge des Bogens zwischen Pfeilern ist 6,632 m. Die Doppelschichtstruktur besteht aus Tetraedern. Die Größe der Dreiecke nimmt bis zum Zentrum der Kuppel ab. Die Tiefe zwischen den Schichten verringert sich vom Pfeiler bis zur Spitze. Die tragenden Verbindungen befinden sich im Inneren. Die untere Kuppelschicht hat einen Radius von 58,571 m, die obere von 69,033 m. Ihre Zentren liegen 9,588 m auseinander. Die Innenschicht ist im Bereich der Spitze ausgelassen, wo nur die Außenschicht weiterbesteht, entsprechend einem hochprojizierten Kreis von 32,245 m Durchmesser. Die Außenschicht deckt einen kreisförmigen Bezirk von 81,93 m Durchmesser ab.

Es gibt eine dreieckige Ordnung der Oberflächen in beiden Schichten, ohne Diagonalen zwischen denselben. Die Knoten der Außenschicht sind auf 20 parallele Kreise verteilt. Der Spitzenbereich stellt ein Hexagon dar, das mit Dreiecken ausgefüllt ist. Die Außenschicht hat 13 parallele Kreise. Insgesamt gibt es 2161 Knoten, die auf Grund der Symmetrie in 122 Typen gegliedert werden können. Die Elemente der Kuppeln sind rohrförmig und die Knoten sind Stahlsphären von 150 mm und 200 mm Durchmesser.

Die Erstellung der Kuppel-Fertigbauteile und ihre Montage

Die Montage der Kuppel aus Fertigbauteilen dauerte 5 Monate und wurde von der Firma Perfil en Frío S.A. gemacht. Nachdem die ersten zwei Ringe des Erdgeschosses errichtet waren, wurden die nächsten 5 Ringe auf die Erde ins Zentrum der Kuppel und von 6 gleich weit entfernten Teleskopkränen gehoben und dort aufgebaut. Die Kräne boten temporäre Unterstützung für die erhöhte Kuppel bis sie mit dem ersten niedrigeren Teil verbunden war.

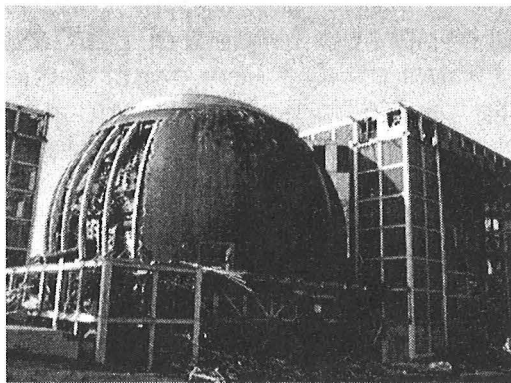


Der Teilaufbau des niedrigeren Bauteils der Kuppel

3. Ausstellungshalle

3.1 Beispiel

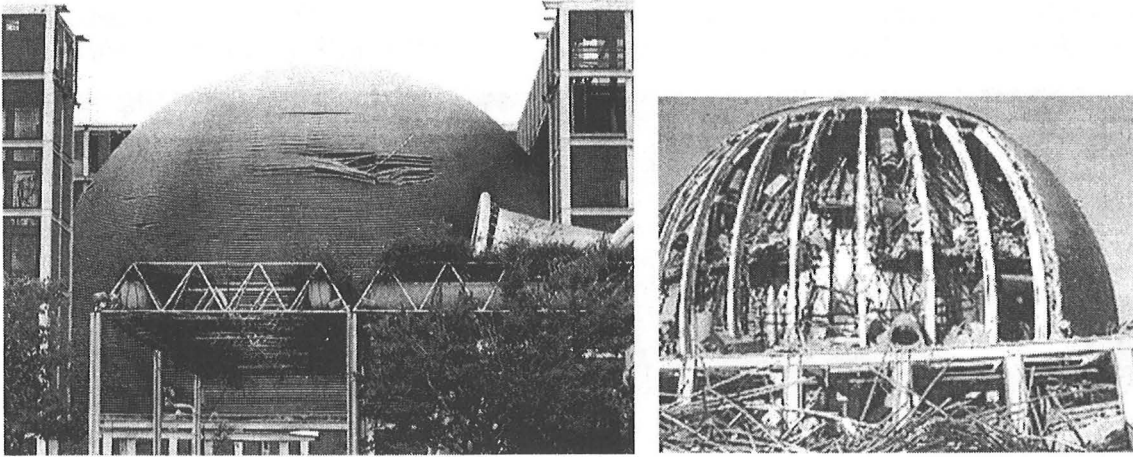
3.1.1 Der Descubrimientos Pavillon der Expo 92 in Sevilla



Details der Kuppel des Descubrimientos Pavillons

Dieses Gebäude wurde 1989-1991 von den Architekten Javier Feduchi und Alfredo Lozano gebaut. Es ist ein Prisma von 126 m auf 66 m und einer Höhe von 25 m. Die charakteristische Sichtstruktur besteht aus Metall und gemischten Elementen. Sie ist monolithisch und es gibt keine Dehnfugen. Die Struktur wurde auf drei Höhen geplant. Auf diese Weise ergab sich ein orthogonales Fachwerk. Die Modulation der Struktur erlaubt durchsichtige Räume von 24 x 24 m, wo die Ausstellungsplattformen liegen. Ihre Strukturstützen bestehen aus zwei Gruppen von rechtwinkligen sogenannten Vierendel Trägern, verbunden mit einer Betonplatte.

Einer der Module wurde für das Omnimax Theater bestimmt. Es besteht aus einer Metall Rippenstruktur, die eine Sphäre definiert. Diese Schale wurde mit vorgefertigten Betonplatten und Metallplatten bedeckt.



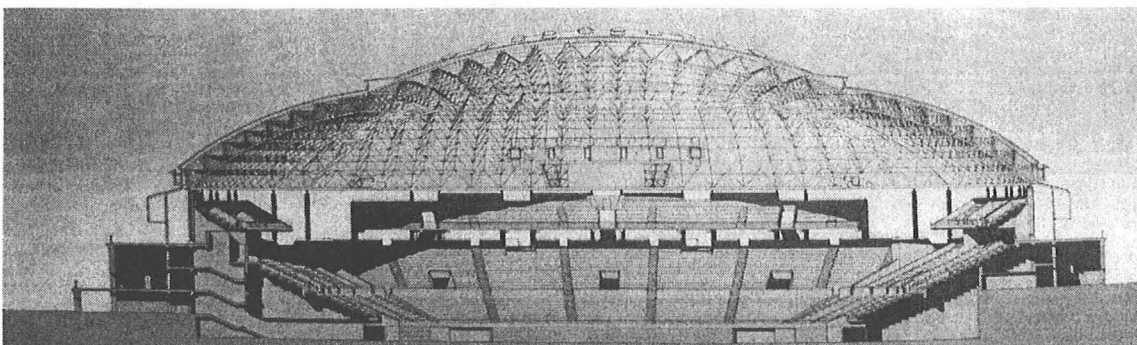
Details der Kuppel des Descubrimientos Pavillons

4. Sportzentrum

4.1 Beispiele

4.1.1 Die Palau Sant Jordi Sporthalle

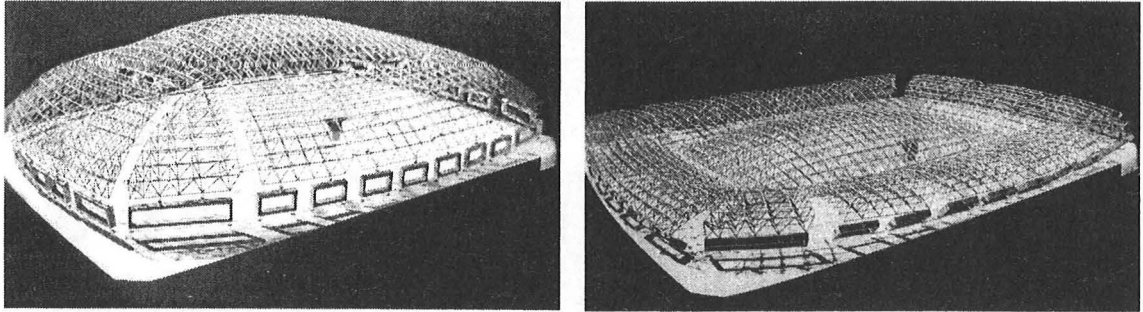
Dieses Gebäude wurde mit einem doppelräumigen Netz bedacht. Die kuppelförmige Struktur wurde als drei gegliederte Sektionen entworfen. Diese wurden zuerst in der Horizontale zusammen gebaut, bevor sie gehoben wurden. Die leichte Bedachung ist 44,4 m hoch. Die perforierten Metallwände kontrollieren das Licht im Inneren der Kuppel. Für weitere Außen- und Innenverarbeitungen wurden Backstein, Stein, Fliesen, Zink und andere örtliche Materialien benutzt.



Dreidimensionaler Schnitt der Palau Sant Jordi Sporthalle

Dachkonstruktion

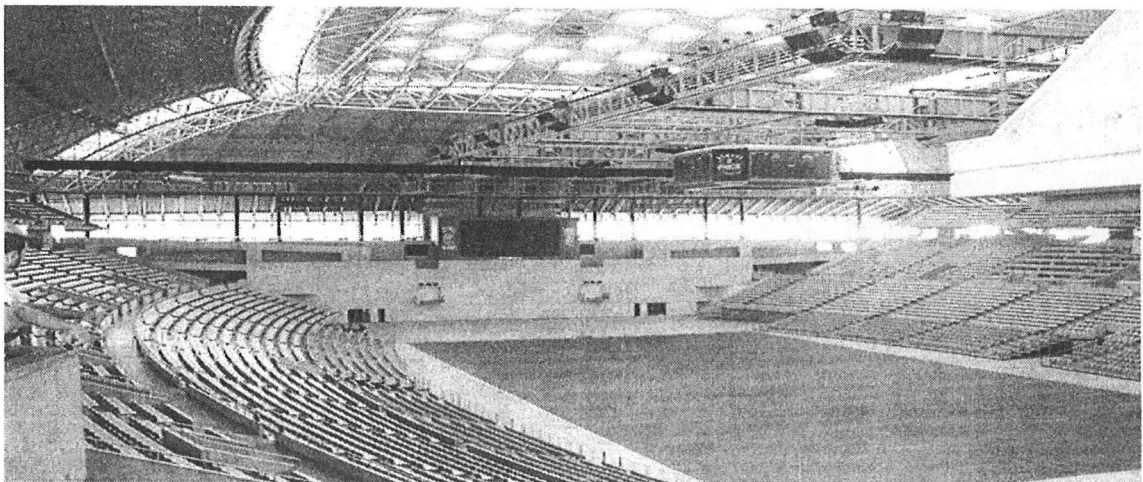
Die Grundrissform des Daches ist wie ein Trapez, mit nach außen gebogenen Seiten. Seine längste Seite beträgt 128 m, seine breiteste Seite 100 m. Im Längs- und Querschnitt weist es kuppelförmige Rundungen auf. Beide Schnitte unterteilen das Dach in Mittelkuppel und umschließende Randkuppeln. Die Ringe bestehen aus gebogenen Stahlrohrprofilen (406 x 508 mm). Das gesamte Raumfachwerk (ORTZ System, Knotenkugel) hat 2343 Knoten und 9070 Stäbe.



Modelle des Gebäudes



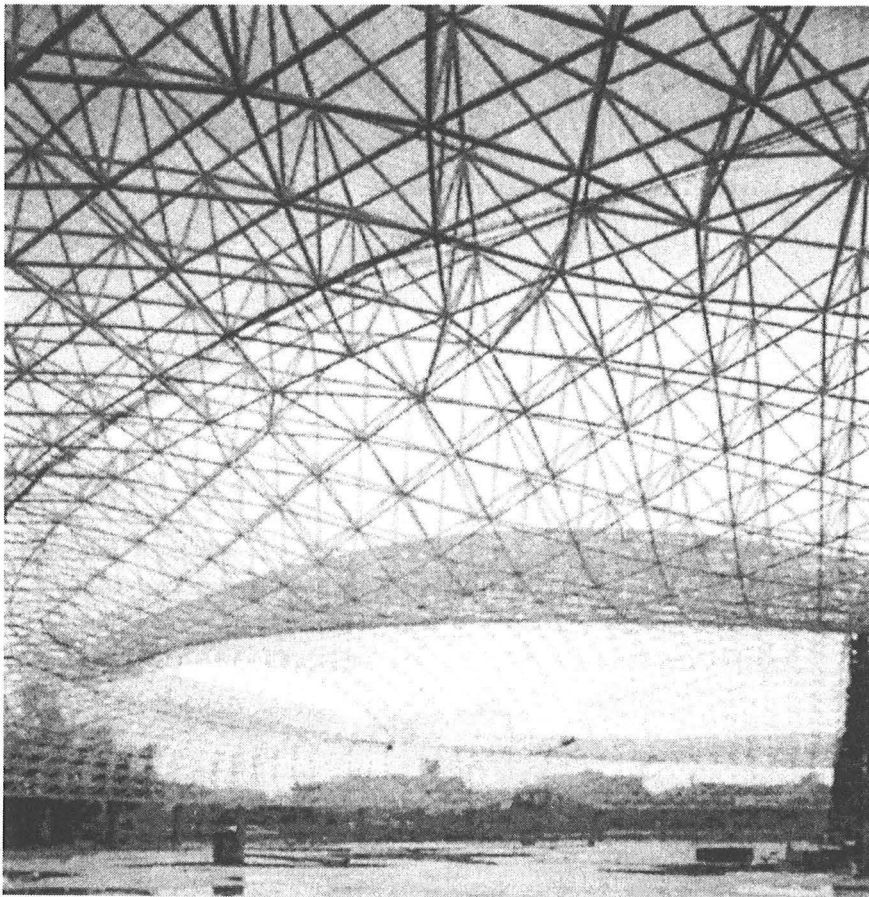
Außenansicht der Palau Sant Jordi Sporthalle



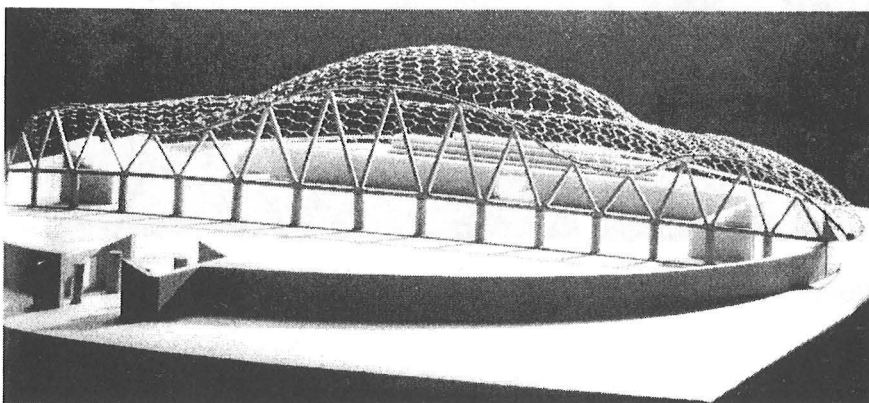
Der Innenraum des Sporthalles

4.1.2 Die Mehrzwecksporthalle der Gemeinde Palafolls

Dieses Sportzentrum vom Architekt Arata Isozaki (1991) hat ein halbes Dach mit einem räumlichen Netz, die andere Hälfte ist ein Hof. Die Form des Sportzentrums passt sich den verschiedenen Sportarten, die man dort treiben kann, an. Insgesamt wurden 1717 sphärische Verbindungen und 7298 Röhren für die Bedachung benutzt. Es gibt Stahlpfeiler, die an der Nordfassade einen Gitterträger formen und Stahlbetonpfeiler an der umliegenden Mauer. Die Außenfläche der Bedachung besteht aus Zinkplatten, die sich auf Holzplatten stützen und das Innendach formen. Über diesem Dach erhebt sich eine 13,8 m hohe Kuppel.



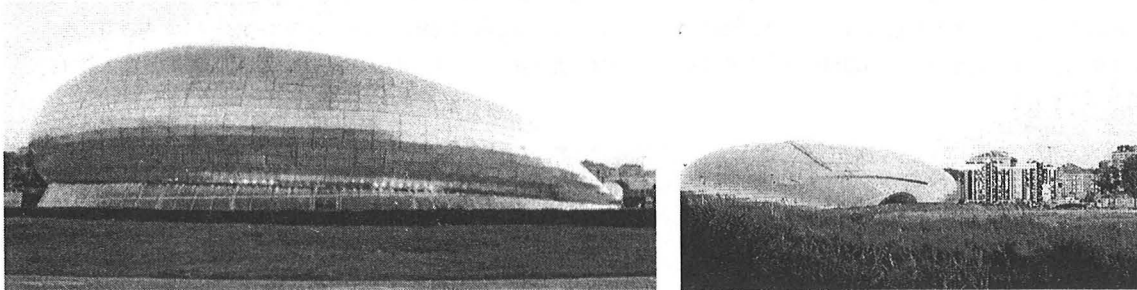
Die Dachstruktur des Palafolls Sportzentrums



Das Modell des Sportzentrums

4.1.3 Der Sportpalast von Santander

Dieses Gebäude 1992 von Julián Franco y José Manuel Palao gebaut hat eine Struktur aus Beton und eine Metallbedachung aus 400 verschiedenen großen Stahllamellen. Ungefähr ein Drittel der kreisförmigen Sitzreihen sind abbaubar, die anderen sind vorgefertigte Betonelemente, die mit *in situ* gegossenen Betonbalken verbunden wurden.



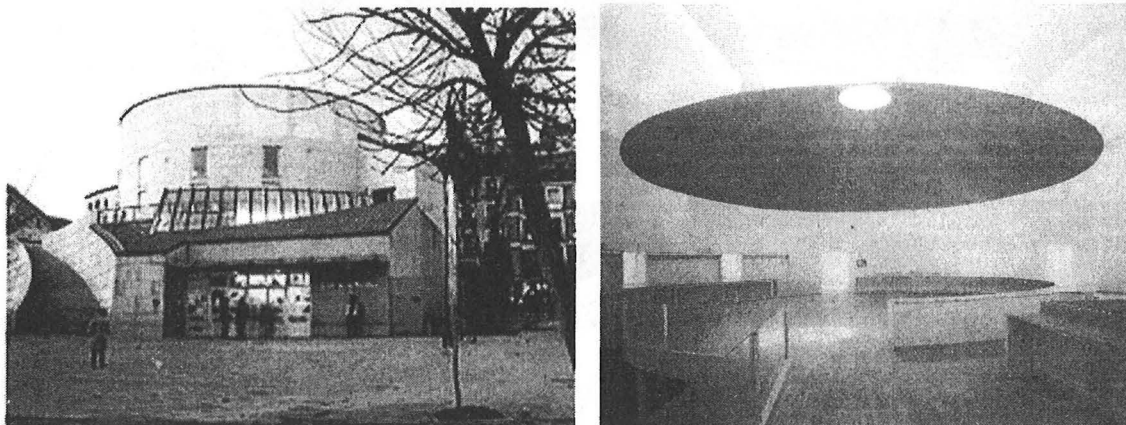
Außenansicht der Sporthalle

5. Kulturzentrum

5.1 Beispiele

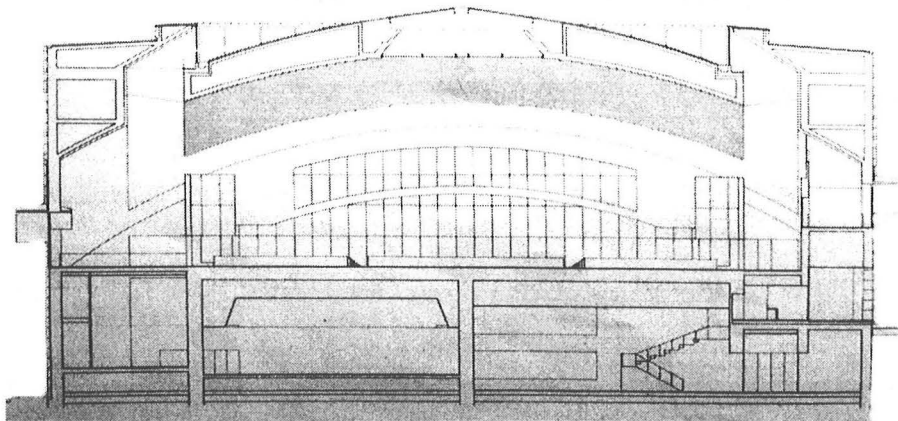
5.1.1 Die Puerta de Toledo Bibliothek in Madrid

Die konstruktive Lösung von Juan Navarro Baldeweg (1992) für die Bedachung dieser Bibliothek ist innovativ. Sie fußt auf einem radialen System mit Metallrippen, die eine konische Fläche aus Stahl stützen. Diese Rippen halten ein Meter lange Betonzylinder. Die Bedachung insgesamt funktioniert wie eine Glocke mit einem radialen Keilstein-System, das sich auf die untere Struktur stützt. Der Lichtkegel, der durch dieses System entsteht, versorgt den gesamten Innenraum mit Naturlicht.

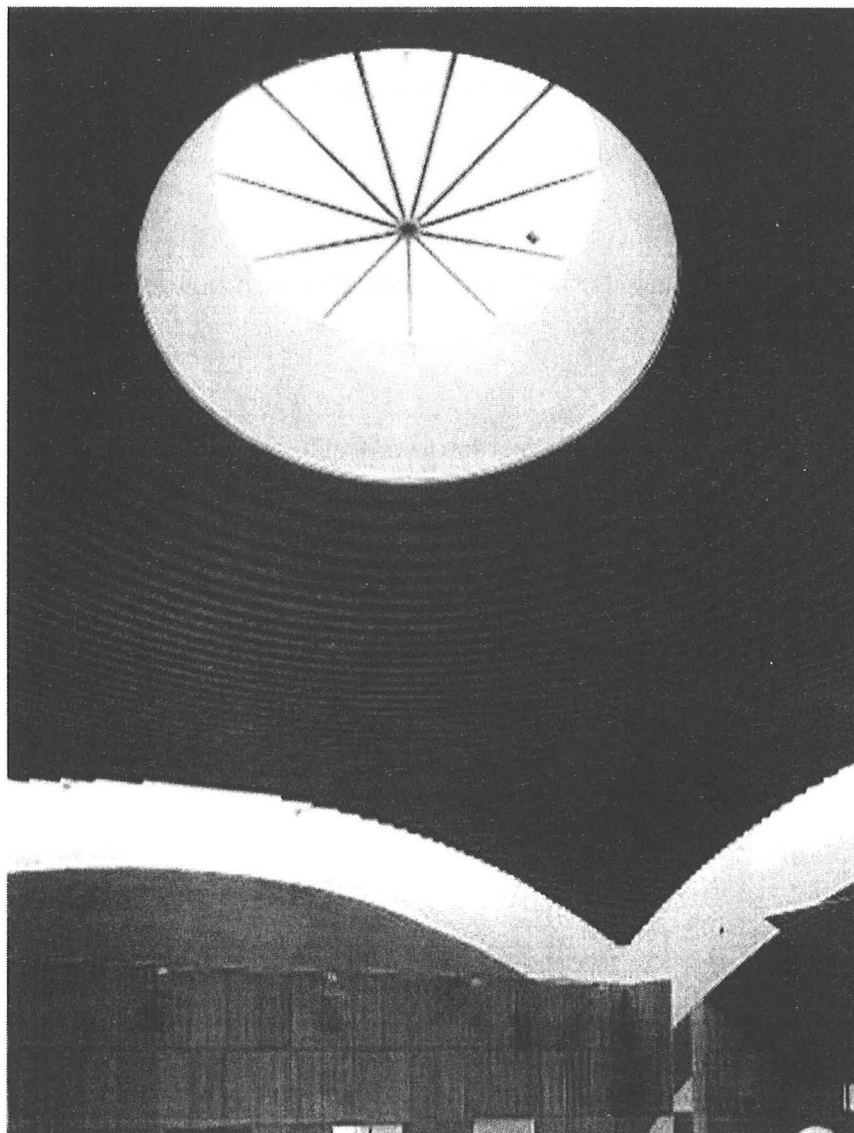


Die Fassade der Puerta de Toledo Bibliothek und ihre Kuppel von innen

Ein anderes Kuppelprojekt von diesem Architekt ist der Kongresspalast von Salamanca (1985-92).



Eine Sektion des Kongresspalasts



Detail der Kuppel

6. Bibliographie

Autores varios. (1992): Monografía *Cultura Física AV*, nº 33. Madrid: Editorial Arquitectura Viva SL

Autores Varios. (1992): Monografía *Sevilla Expo AV*, nº 34-35. Madrid: Editorial Arquitectura Viva SL

Candela, F. Pérez Piñero, E. Calatrava, S. Escrig, F. Pérez Valcárcel, J. (1993): *Arquitectura Transformable*. Escuela Técnica Superior de Sevilla: Editorial Arquitectura 1.

Chías Navarro, P. (2005): *Eduardo Torroja: obras y proyectos*. Madrid: Editorial Instituto Eduardo Torroja.

Makowski, Z.S. (1984): *Análisis, design and construction of braced domes*. Granada: Ed. Publishing Ltd.

Torroja Miret, E. (2007): *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Ministerio de Fomento, CEDEX-CEHOPU: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos: CSIC.

<http://www.arquitectura.com/arquitectura/inter/perfiles/calatrava/cac1/cac.asp>

<http://www.artvalencia.com/archivos/MERCAT.pdf>

<http://www.calasparra.org>

<http://loscincoseminariopiedra.blogspot.com/2006/02/biblioteca-en-puerta-de-toledo.html>

<http://www.gaudiallengaudi.com>

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesventuramoron/titular03.html>

<http://www.mercatsbcn.com>

<http://www.palaciodecongresossalamanca.com/esp/ver.asp?>

http://www.santpau.es/patr_presentacion.asp

<http://www.wikipedia.com>

TECHNISCHES VOKABULAR

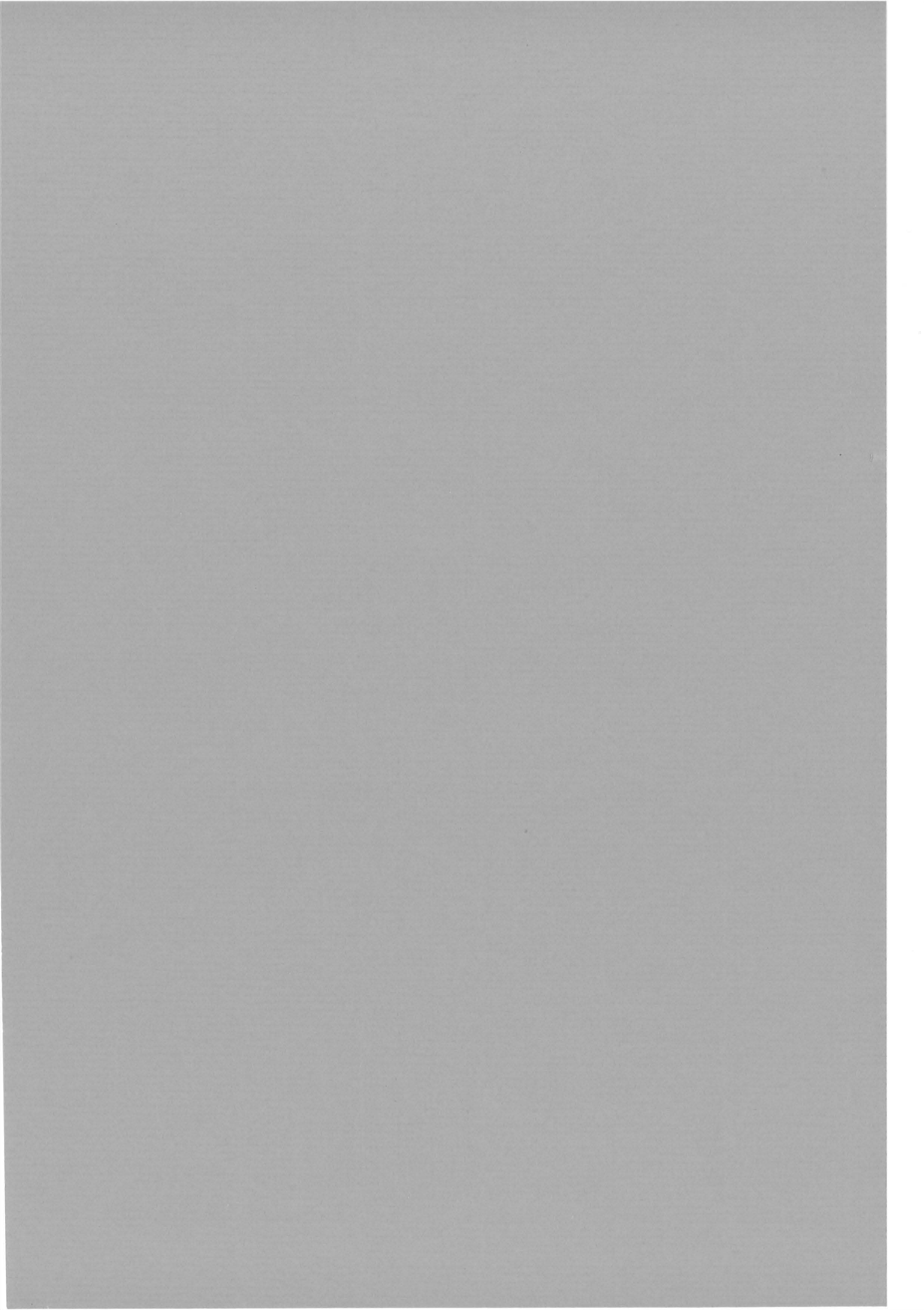
Deutsch - Spanisch

	tr	abbauen	desmontar
e		Achse,n	eje
e		Auffassung,en	concepción (de una idea, proyecto)
r		Aufbau, ten	construcción, estructura
tr		aufbauen	montar
irr	tr	auftragen	encargar
r		Aufwand, "e	gasto,esfuerzo
e		Ausführung,en	ejecución
e		Ausgestaltung,en	configuración
		ausklappbar	desplegable
tr		ausstatten	equipar, ornar, dotar
e		Außenschicht, en	capa exterior
r		Backstein,e	ladrillo
r		Balken, -	viga
s		Balkongitter,-	barandilla del balcón
e		Bauform,en	forma de construcción
s		Baugerüst,e	andamio
r		Bauingenieur, e	ingeniero civil
e		Baulösung, en	solución constructiva
s		Bauwerk,e	obra de construcción
e		Bauzeit,en	período de construcción
e		Bearbeitung, en	elaboración, gestión, tramitación
e		Bedachung,en	cubierta
r		Betonbalken, -	viga de hormigón
e		Betonsäule, n	columna de hormigón
e		Betonschale,n	cáscara de hormigón
e		Bildung,en	configuración
r		Boden, "	suelo
r		Bogen,"/-	arco
r		Bolzen, -	macho, perno
s		Bühnenkunstmuseum, Bühnenkunstmuseen	museo de artes escénicas
s		Dachprofil,e	perfil del tejado
e		Deckung,en	cubrimiento
e		Dehnfuge,n	junta de dilatación
r		Denkmalschutz	Protección del Patrimonio Nacional
s		Detail,s	detalle
e		Druckkraft,"e	empuje de presión
e		Durchbildung,en	formación
r		Eingangsvorsprung, "e	voladizo de entrada
e		Eingliederung,en	incorporación
e		Einrichtung,en	ordenación, instalación
e		Eisenmasche,n	mallla de hierro

s	Ensemble,s	conjunto
	einziehbar	retráctil
s	Erdgeschoss,e	planta baja
irr	erheben	erigir, levantar
e	Erstellung,en	creación
e	Erweiterung,en	ampliación
s	Fachwerk,e	entramado,
e	Fassade,n	fachada
s	Fenstergitter,-	celosía de ventana
tr	festmachen	fijar
e	Fläche,n	superficie
e	Fliese,n	baldosa, loseta
e	Formfreistellung,en	liberación de la forma
e	Freitreppe,n	escalinata
r	Gang,"e	galería
s	Gebäude, -	edificio
r	Gebäudekomplex,e	manzana
s	Gewölbe,-	bóveda
r	Giebel,-	frontón, hastial
r	Gips	yeso
r	Gitterträger, -	viga en celosía
s	Glasfenster, -	vidriera
r	Grundriss,e	plano, superficie
r	Haupteingang,"e	entrada principal
e	Haupthalle,n	nave central
r	Hof,"e	patio
e	Holzplatte,n	placa de madera
e	Innenraumdecke, n	techo del espacio interior
r	Keilstein,e	dovela
s	Kellergeschoss,e	sótano
e	Kettenlinie,n	línea catenaria
e	Knickung, en	pandeo
r	Knoten,-	nudo
e	Kraft,"e	fuerza
r	Kran,e	grúa
e	Krümmung,en	curvatura
r	Lagerplatz, "e	almacén
e	Lamelle,n	lama, lámina
s	Längsschiff, e	nave longitudinal
e	Legierung,en	aleación
s	Luftloch,"er	respiradero
	mauern	tapiar, amurallar,forjar
r	Maßstab,"e	escala
s	Modell,e	maqueta
r	Mörtel, -	mortero
s	Netz, e	red, entramado
s	Oberlicht, er	claraboya, luz cenital
r	Pavillon,s	pabellón
r	Pfeiler,-	pilar
e	Pferderennbahn, en	hipódromo

s	Querschiff, e	nave transversal
r	Raum, "e	espacio, cuarto
e	Raumgliederung, en	articulación del espacio
	regelmäßig	regular
	restaurieren	restaurar
e	Restaurierung, en	restauración
e	Rippe, n	costilla, nervio
s	Rohr, e	tubo
e	Scheidemauer, n	pared medianera
e	Schicht, en	capa
	schmieden	forjar
r	Schornstein, e	chimenea
	selbsttragend	autoportante
	sichtbar	visto, visible
s	Sichtmauerwerk, e	obra de fábrica vista
e	Sichtstruktur, en	estructura vista
e	Skizze, n	croquis
r	Spanner, -	tensor
e	Spannung, en	tensión
r	Spitzbogen, " / -	arco apuntado
e	Spitze, n	cúspide
r	Stab, "e	barra
e	Stadterweiterung, en	ampliación de la ciudad
e	Stadtmauer, n	muralla
r	Stahlguss, "e	fundición de acero
s	Stockwerk, e	planta
r	Strebebogen, " / e	contrafuerte
r	Struktureinbau, ten	estructura de montaje
e	Stütze, n	soporte
	stützen	sostener, apoyar
r	Teilaufbau, ten	construcción por partes
e	Tiefgarage, n	aparcamiento subterráneo
e	Trägheit	inercia
s	Trägheitsmoment, e	momento de inercia
e	Trennmauer, n	medianería
r	Turm, "e	torre
s	Untergeschoss, e	sótano
e	Unterstützung, en	puntal
e	Verankerung, en	anclaje
irr	verbinden	unir, conectar
e	Verbindung, en	ensamblaje, conexión
e	Verformung, en	deformación
e	Verwendung, en	uso
r	Vierendel-Träger, -	viga vierendel
e	Wand, "e	pared
s	Weltkulturerbe	Patrimonio Cultural de la Humanidad
r	Wettbewerb, e	concurso
s	Wetterdach, "er	marquesina

s	Wohnhaus,"er	edificio
	zerlegbar	desmontable
r	Ziegel,-	ladrillo
e	Zugangsrampe,n	rampa de acceso
e	Zugbeanspruchung,en	esfuerzo de tracción



CUADERNO

266.01

CATÁLOGO Y PEDIDOS EN

cuadernos.ijh@gmail.com

info@mairea-libros.com

ISBN 978-84-9728-281-9



9 788497 282819 >